

1
明細書

歩行補助装置の減速機

発明の分野

5 本発明は、筋力の衰えた老人や傷病者の歩行、階段の昇降、着座姿勢からの起立、起立姿勢からの着座等をアシストすることで、その運動を促進して筋力低下の抑制や歩容形態の矯正を図るための歩行補助装置に関し、特にその歩行補助装置の減速機に関する。

背景技術

() 10 かかる歩行補助装置は、本出願人の出願に係る日本特願2001-109046号により既に提案されている。この歩行補助装置は、使用者の脚関節（つまり股関節および膝関節）に電気アクチュエータを装着したもので、使用者が背中に背負ったバックパック内の電源から給電することでアクチュエータを作動させ、各関節を伸展・屈曲させる関節トルクを発生させて使用者の歩行等の運動を補助するようになっている。

15 また複数のプラネタリギヤ機構を軸方向に多段に積み重ねることで、小型で大きな減速比を得られるようにした減速機が、日本特開平8-247225号公報、日本特開平11-37226号公報により公知である。

() 20 ところで上記従来の歩行補助装置はモータおよび減速機を一体に組み込んだアクチュエータを備えているが、その減速機は大きな減速比を必要とするためにアクチュエータ全体が大型化してしまう問題があった。その結果、アクチュエータを使用者の衣服の内側に装着することが難しくなり、アクチュエータが衣服の外側に露出するために体裁が良くなかった。

25 複数のプラネタリギヤ機構を軸方向に多段に積み重ねた上記従来の減速機は、大きな減速比を有する点では優れているが、軸方向の寸法が大型化するために歩行補助装置のアクチュエータに使用するには適していない。

発明の開示

本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、歩行補助装置の減速機の減速比を充分に確保しながら、その薄型化を図ることを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、入力軸の回転を第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1サンギヤと、第1サンギヤの外周を囲むように回転自在に配置された第1リングギヤと、第1サンギヤおよび第1リングギヤに同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤと、第1プラネタリギヤを回転自在に支持する第1キャリヤとを備え、第2プラネタリギヤ機構は、第1リングギヤの外周に設けられた第2サンギヤと、第2サンギヤの外周を囲むように配置された第2リングギヤと、第2サンギヤおよび第2リングギヤに同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤと、第2プラネタリギヤを回転自在に支持する第2キャリヤとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、かつ第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置したので、入力軸の回転を第1、第2プラネタリギヤ機構で2段に減速して出力軸に伝達しながら、第1、第2プラネタリギヤ機構を軸線方向に重なるように配置する場合に比べて減速機の軸線方向の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良くすることができる。

また本発明の第2の特徴によれば、上記第1の特徴に加えて、第1プラネタリギヤ機構の第1キャリヤをケーシングに固定し、第2プラネタリギヤ機構の第2リングギヤをケーシングに固定し、第2プラネタリギヤ機構の第2キャリヤを出力軸に接続したことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、第1プラネタリギヤ機構の第1キャリヤをケーシングに固定することで、第1サンギヤから入力された回転を第1リングギヤから出力し、また第2リングギヤをケーシングに固定することで、第1リングギヤと一体の第2サン

ギヤに入力された回転を第2キャリヤから出力することができ、入力軸の回転を第1、第2プラネタリギヤ機構で2段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。

また本発明の第3の特徴によれば、上記第2の特徴に加えて、第1プラネタリギヤ機構および第2プラネタリギヤ機構に対して同軸に、かつ軸線方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構を配置し、第3プラネタリギヤ機構は、第2プラネタリギヤ機構の第2キャリヤの中央部外周に設けられた第3サンギヤと、第3サンギヤの外周を囲むように配置されてケーシングに固定された第3リングギヤと、第3サンギヤおよび第3リングギヤに同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤと、第3ラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3キャリヤとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、第1、第2プラネタリギヤ機構に対して同軸に、かつ軸線方向に重なるように配置した第3プラネタリギヤ機構の第3リングギヤをケーシングに固定することで、第2キャリヤと一体の第3サンギヤに入力された回転を第3キャリヤに出力することができ、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。

また本発明の第4の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、入力軸の回転を第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1サンギヤと、第1サンギヤを囲むように回転自在に配置された内側リング部材の内周に形成された第1リングギヤと、第1サンギヤおよび第1リングギヤに同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤと、ケーシングに固定されて第1プラネタリギヤを回転自在に支持する第1キャリヤとを備え、第2プラネタリギヤ機構は、内側リング部材の外周に形成された第2サンギヤと、第2サンギヤの外周を囲むように配

置された外側リング部材の内周に形成された第2リングギヤと、第2サンギヤおよび第2リングギヤに同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤと、ケーシングに固定されて第2プラネタリギヤを回転自在に支持する第2キャリヤとを備え、第3プラネタリギヤ機構は、外側リング部材の外周に形成された第3サンギヤと、第3サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第3リングギヤと、第3サンギヤおよび第3リングギヤに同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤと、第3プラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3キャリヤとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

() 上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、第1プラネタリギヤ機構の第1キャリヤをケーシングに固定することで、入力軸から第1サンギヤに入力された回転を第1リングギヤから出力し、第2キャリヤをケーシングに固定することで、第1リングギヤと一体の第2サンギヤに入力された回転を第2リングギヤから出力し、第3リングギヤをケーシングに固定することで、第2リングギヤと一体の第3サンギヤに入力された回転を第3キャリヤから出力し、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。また第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置したので、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達しながら、第1～第3プラネタリギヤ機構の全てを軸線方向に重なるように配置する場合に比べて減速機の軸線方向の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良くすることができる。

また本発明の第5の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に

第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、入力軸の回転を第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1サンギヤと、第1サンギヤを囲むようにケーシングに固定された第1リングギヤと、
5 第1サンギヤおよび第1リングギヤに同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤと、第1プラネタリギヤを回転自在に支持する第1キャリヤとを備え、第2プラネタリギヤ機構は、第1キャリヤの外周に形成された第2サンギヤと、第2サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第2リングギヤと、第2サンギヤおよび第2リングギヤに同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤと、第2プラネタリギヤを回転自在に支持する第2キャリヤとを備え、第3プラネタリギヤ機構は、
10 第2キャリヤの外周に形成された第3サンギヤと、第3サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第3リングギヤと、第3サンギヤおよび第3リングギヤに同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤと、第3プラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3キャリヤとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1プラネタリギヤ機構、第2プラネタリギヤ機構および第3プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、第1プラネタリギヤ機構の第1リングギヤをケーシングに固定することで、
15 第1サンギヤから入力された回転を第1キャリヤから出力し、第2リングギヤをケーシングに固定することで、第1キャリヤと一体の第2サンギヤに入力された回転を第2キャリヤから出力し、第3リングギヤをケーシングに固定することで、第2キャリヤと一体の第3サンギヤに入力された回転を第3キャリヤから出力し、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。また第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機
20 構を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置したので、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達しながら、第1～第3プラネタリギヤ機構の全てを軸線方向に重なるように配置する場合に比べて減速機の軸線方向の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良

くすることができる。

また本発明の第6の特徴によれば、使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータにより駆動される入力軸の回転を減速して脚関節に接続された出力軸に伝達する歩行補助装置の減速機であって、軸線上に入力軸、出力軸、第5 1 プラネタリギヤ機構、第2 プラネタリギヤ機構および第3 プラネタリギヤ機構を同軸に配置するとともに、第1 プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2 プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、第1 プラネタリギヤ機構および第2 プラネタリギヤ機構に対して軸線方向に重なるように第3 プラネタリギヤ機構を配置し、入力軸の回転を第1 プラネタリギヤ機構、第2 プラネタリギヤ機構および第3 プラネタリギヤ機構で減速して出力軸に伝達するようにし、第1 プラネタリギヤ機構は、入力軸に設けられた第1 サンギヤと、第1 サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第1 リングギヤと、第1 サンギヤおよび第1 リングギヤに同時に噛合する複数個の第1 プラネタリギヤと、第1 プラネタリギヤを回転自在に支持する第1 キャリヤとを備え、第2 プラネタリギヤ機構は、第1 キャリヤの外周に設けられた第2 サンギヤと、第2 サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第2 リングギヤと、第2 サンギヤおよび第2 リングギヤに同時に噛合する複数個の第2 プラネタリギヤと、第2 プラネタリギヤを回転自在に支持する第2 キャリヤとを備え、第3 プラネタリギヤ機構は、第2 キャリヤの中央部外周に設けられた第3 サンギヤと、第3 サンギヤの外周を囲むようにケーシングに固定された第3 リングギヤと、第3 サンギヤおよび第3 リングギヤに同時に噛合する複数個の第3 プラネタリギヤと、第3 プラネタリギヤを回転自在に支持して出力軸に接続された第3 キャリヤとを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機が提案される。

上記構成によれば、歩行補助装置の減速機の軸線上に入力軸、出力軸、第1 プラネタリギヤ機構、第2 プラネタリギヤ機構および第3 プラネタリギヤ機構を同軸に配置し、第1 プラネタリギヤ機構の第1 リングギヤをケーシングに固定することで、入力軸から第1 サンギヤに入力された回転を第1 キャリヤから出力し、第2 リングギヤをケーシングに固定することで、第1 キャリヤと一体の第2 サンギヤに入力された回転を第2 キャリヤから出力し、第3 リングギヤをケーシングに固定することで、第2 キャリヤと一体の第3 サンギヤに入力された回転を第3 キャリヤから出力

し、入力軸の回転を第1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達することが可能となる。また第1プラネタリギヤ機構の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構を概ね重なるように配置し、第1、第2プラネタリギヤ機構に対して軸線方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構を配置したので、入力軸の回転を第5 1～第3プラネタリギヤ機構で3段に減速して出力軸に伝達しながら、第1～第3プラネタリギヤ機構の全てを軸線方向に重なるように配置する場合に比べて減速機の軸線方向の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良くすることができる。

図面の簡単な説明

() 10 図1～図7は本発明の第1実施例を示すもので、図1は歩行補助装置の使用状態を示す図、図2は歩行補助装置の分解斜視図の第1分図、図3は歩行補助装置の分解斜視図の第2分図、図4は歩行補助装置の電気アクチュエータの縦断面図、図5は図4の5-5線断面図、図6は図4の6-6線断面図、図7は歩行補助装置の電気アクチュエータのスケルトン図である。

15 図8～図10は本発明の第2実施例を示すもので、図8は歩行補助装置の電気アクチュエータの縦断面図、図9は図8の9-9線断面図、図10は歩行補助装置の電気アクチュエータのスケルトン図である。

() 20 図11～図13は本発明の第3実施例を示すもので、図11は歩行補助装置の電気アクチュエータの縦断面図、図12は図11の12-12線断面図、図13は歩行補助装置の電気アクチュエータのスケルトン図である。

図14～図17は本発明の第4実施例を示すもので、図14は歩行補助装置の電気アクチュエータの縦断面図、図15は図14の15-15線断面図、図16は図14の16-16線断面図、図17は歩行補助装置の電気アクチュエータのスケルトン図である。

25 発明を実施するための最良の形態

以下、図1～図7に基づいて本発明の第1実施例を説明する。

図1～図3に示すように、本実施例の歩行補助装置は、使用者が背中に背負うバックパック11と、左右の股関節にトルクを付与する左右一対の第1電気アクチュエータ12、12と、左右の膝関節にトルクを付与する左右一対の第2電気アクチ

ユエータ 13, 13と、使用者の腹部に着脱自在に装着される軟質樹脂製の腹帶 14と、使用者の左右の大腿部に着脱自在に装着される前後に2分割された軟質樹脂製の上部脚当て 15 f, 15 rと、使用者の左右の脛部に着脱自在に装着される前後に2分割された軟質樹脂製の下部脚当て 16 f, 16 rと、腹帶 14 の前部から使用者の肩を経由して腹帶 14 の後部に連結される2本の吊りベルト 17, 17とを備える。尚、図3には左脚用の上部脚当て 15 f, 15 r および下部脚当て 16 f, 16 r が示されているが、図示せぬ右脚用のものも左右対称な同一構造である。

第1リンク 18 および補強部材 19 が、腹帶 14 の左右両側部のそれぞれの外面および内面を挟むようにボルト締めされる。第1リンク 18 の下端に第1電気アクチュエータ 12 を介して屈曲自在に連結された第2リンク 20 が、後側の上部脚当て 15 r の外側にボルト締めされる。このとき、第1リンク 18 および第2リンク 20 の枢支部、つまり第1電気アクチュエータ 12 は使用者の股関節の外側に位置している。

後側の上部脚当て 15 r の外側および内側にそれぞれ外側第3リンク 21 および内側第3リンク 22 がボルト締めされるとともに、後側の下部脚当て 16 r の外側および内側にそれぞれ外側第4リンク 23 および内側第4リンク 24 がボルト締めされる。外側第3リンク 21 の下端および外側第4リンク 23 の上端が第2電気アクチュエータ 13 を介して屈曲自在に連結され、内側第3リンク 22 の下端および内側第4リンク 24 の上端がヒンジ 25 を介して屈曲自在に連結される。このとき、両第3リンク 21, 22 および両第4リンク 23, 24 の枢支部、つまり第2電気アクチュエータ 13 およびヒンジ 25 は使用者の膝関節の外側および内側に位置している。

吊りベルト 17, 17 に着脱自在に装着されるバックパック 11 の内部には、第1電気アクチュエータ 12, 12 および第2電気アクチュエータ 13, 13 の動作を制御する電子制御ユニット 26 と、前記各アクチュエータ 12, 12; 13, 13 が発生しているトルクの状態を示すインジケータ 27 と、前記各アクチュエータ 12, 12; 13, 13 のモータを駆動するモータドライバー 28 と、そのモータや電子制御ユニット 26 に電力を供給する電源 29 (例えばNi-Znバッテリ) とが収納される。

第1電気アクチュエータ12, 12および第2電気アクチュエータ13, 13は共通の構造を有するもので、直流モータと減速機とから構成されており、そのケーシングが第1リンク18の下端にボルト締めされるとともに、その出力軸がボルト30で第2リンク20の上端に結合される。従って、第1電気アクチュエータ12を駆動することで、第1リンク18および第2リンク20を相対回転させるトルクを発生し、使用者の股関節を伸展・屈曲させることができる。また第2電気アクチュエータ13は、そのケーシングが外側第3リンク21の下端にボルト締めされるとともに、その出力軸がボルト30で外側第4リンク23の上端に結合される。従って、第2電気アクチュエータ13を駆動することで、外側第3リンク21および外側第4リンク23を相対回転させるトルクを発生し、使用者の膝関節を伸展・屈曲させることができる。

次に、図4～図7に基づいて第1電気アクチュエータ12の構造を説明する。尚、第2電気アクチュエータ13の構造は第1電気アクチュエータ12の構造と同一である。

第1電気アクチュエータ12のケーシング41は、軸線Lを中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング41は、第1支持リング42、第2支持リング43、支持プレート44、モータハウジング45およびモータカバー46を積層して複数本のボルト47…で一体に締結してなり、モータハウジング45およびモータカバー46の内部にモータ48が収納され、また第1支持リング42および第2支持リング43の内部に減速機49が収納される。支持プレート44およびモータハウジング45にボールベアリング50, 51を介して減速機49の入力軸S_iが支持されており、モータ48のロータ52が入力軸S_iに固定され、ロータ52の外周を取り囲むステータ53がモータハウジング45に固定される。ロータ52およびステータ53にはそれぞれ永久磁石52aおよびコイル53aが設けられており、コイル53aに通電すると、ロータ52と共に入力軸S_iが回転する。

減速機49は、第2支持リング43の内側に収納された第1プラネタリギヤ機構P₁および第2プラネタリギヤ機構P₂と、第1支持リング42の内側に収納された第3プラネタリギヤ機構P₃とを備える。第1プラネタリギヤ機構P₁は第2プラネタリギヤ機構P₂の半径方向内側に配置され、第3プラネタリギヤ機構

P_3 は第1、第2プラネタリギヤ機構 P_1 , P_2 の軸線L方向外側に配置される。

第1プラネタリギヤ機構 P_1 は、第1サンギヤ $Z S_1$ と、第1リングギヤ $Z R_1$ と、複数の第1プラネタリギヤ $Z P_1$ …と、第1キャリヤ C_1 とを備える。

5 第1サンギヤ $Z S_1$ は入力軸 S_i の軸端に電磁クラッチ 5 4を介して接続される。第1リングギヤ $Z R_1$ は軸線L回りに回転自在に配置されたリング部材 5 5の内周に一体に形成される。第1サンギヤ $Z S_1$ および第1リングギヤ $Z R_1$ に同時に噛合する第1プラネタリギヤ $Z P_1$ …を回転自在に支持する第1キャリヤ C_1 は、支持プレート 4 4の一部として構成される。従って、第1プラネタリギヤ機構 P_1 は、第1キャリヤ C_1 が固定されて第1リングギヤ $Z R_1$ が回転可能なスター型であり、入力軸 S_i に電磁クラッチ 5 4を介して結合された第1サンギヤ $Z S_1$ が回転すると、その回転は減速され、かつ逆回転となって第1リングギヤ $Z R_1$ (つまりリング部材 5 5) に出力される。

15 第1サンギヤ $Z S_1$ の入力回転数を n_{S_1} とし、第1リングギヤ $Z R_1$ の出力回転数 n_{R_1} とすると、スター型の第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比は n_{R_1} / n_{S_1} で定義される。第1サンギヤ $Z S_1$ 、第1リングギヤ $Z R_1$ および第1プラネタリギヤ $Z P_1$ の歯数を、それぞれ z_{S_1} , z_{R_1} , z_{P_1} で表すと、減速比 n_{R_1} / n_{S_1} は、

$$n_{R_1} / n_{S_1} = - z_{S_1} / z_{R_1} \quad \dots (1)$$

20 で与えられる。尚、(1)式の右辺の負号は、第1サンギヤ $Z S_1$ の回転方向に対して第1リングギヤ $Z R_1$ の回転方向が逆であることを示している。

第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2サンギヤ $Z S_2$ と、第2リングギヤ $Z R_2$ と、複数の第2プラネタリギヤ $Z P_2$ …と、第2キャリヤ C_2 とを備える。

25 第2サンギヤ $Z S_2$ は内周に第1リングギヤ $Z R_1$ が形成されたリング部材 5 5の外周に形成される。第2リングギヤ $Z R_2$ はケーシング 4 1に固定された第2支持リング 4 3の内周に一体に形成される。第2サンギヤ $Z S_2$ および第2リングギヤ $Z R_2$ に同時に噛合する第2プラネタリギヤ $Z P_2$ …を回転自在に支持する第2キャリヤ C_2 は、第2支持リング 4 3の内周にボールベアリング 5 6を介して回転自在に支持される。従って、第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2リン

グギヤ $Z R_2$ が固定されて第2キャリヤ C_2 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部材となる第2サンギヤ $Z S_2$ が回転すると、その回転は減速され、かつ同回転のまま第2キャリヤ C_2 に出力される。

第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数を n_{S_2} とし、第2キャリヤ C_2 の出力回転数 n_{C_2} とすると、プラネタリ型の第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比は n_{C_2} / n_{S_2} で定義される。第2サンギヤ $Z S_2$ 、第2リングギヤ $Z R_2$ および第2プラネタリギヤ $Z P_2$ の歯数を、それぞれ z_{S_2} , z_{R_2} , z_{P_2} で表すと、減速比 n_{C_2} / n_{S_2} は、

$$n_{C_2} / n_{S_2} = z_{S_2} / (z_{S_2} + z_{R_2}) \quad \dots (2)$$

で与えられる。

第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ $Z S_3$ と、第3リングギヤ $Z R_3$ と、複数の第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …と、第3キャリヤ C_3 とを備える。第3サンギヤ $Z S_3$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の第2キャリヤ C_2 の中央部外周に一体に形成される。第3リングギヤ $Z R_3$ はケーシング41に固定された第1支持リング42の内周に一体に形成される。第3サンギヤ $Z S_3$ および第3リングギヤ $Z R_3$ に同時に噛合する第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …を回転自在に支持する第3キャリヤ C_3 は、第1支持リング42の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、() 第3リングギヤ $Z R_3$ が固定されて第3キャリヤ C_3 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部材となる第3サンギヤ $Z S_3$ が回転すると、その回転は減速され、かつ同回転のまま第3キャリヤ C_3 と一緒に出力軸 S_0 に出力される。

第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数を n_{S_3} とし、第3キャリヤ C_3 の出力回転数 n_{C_3} とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は n_{C_3} / n_{S_3} で定義される。第3サンギヤ $Z S_3$ 、第3リングギヤ $Z R_3$ および第3プラネタリギヤ $Z P_3$ の歯数を、それぞれ z_{S_3} , z_{R_3} , z_{P_3} で表すと、減速比 n_{C_3} / n_{S_3} は、

$$n_{C_3} / n_{S_3} = z_{S_3} / (z_{S_3} + z_{R_3}) \quad \dots (3)$$

で与えられる。

しかして、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1リングギヤ $Z R_1$

の出力回転数 n_{r_1} は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サンギヤ Z_{S_2} の入力回転数 n_{S_2} に等しく、また第2プラネタリギヤ機構 P_2 の出力部材である第2キャリヤ C_2 の出力回転数 n_{C_2} は、第3プラネタリギヤ機構 P_3 の入力部材である第3サンギヤ Z_{S_3} の入力回転数 n_{S_3} に等しいため、(1) 式に示す第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比 n_{r_1} / n_{S_1} と、
 (2) 式に示す第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比 n_{C_2} / n_{S_2} と、
 (3) 式に示す第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比 n_{C_3} / n_{S_3} の積は、減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1サンギヤ Z_{S_1} の回転数 n_{S_1} に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構 P_3 の第3キャリヤ C_3 の回転数 n_{C_3} の比 n_{C_3} / n_{S_1} で与えられる。

$$(n_{r_1} / n_{S_1}) \times (n_{C_2} / n_{S_2}) \times (n_{C_3} / n_{S_3}) = n_{C_3} / n_{S_1} \quad \dots (4)$$

(1) 式～(3) 式から、減速機49の減速比 n_{C_3} / n_{S_1} は、

$$n_{C_3} / n_{S_1} = (-z_{S_1} / z_{r_1}) \times \{z_{S_2} / (z_{S_2} + z_{r_2})\} \times \{z_{S_3} / (z_{S_3} + z_{r_3})\} \quad \dots (5)$$

で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$\begin{array}{lll} z_{S_1} = 18 & z_{P_1} = 27 & z_{r_1} = 72 \\ z_{S_2} = 96 & z_{P_2} = 24 & z_{r_2} = 144 \\ z_{S_3} = 36 & z_{P_3} = 54 & z_{r_3} = 144 \end{array}$$

に設定されているため、上記歯数を(5)式に代入することで得られる減速機49の減速比 n_{C_3} / n_{S_1} は、 $1/50$ となる。つまり、減速機49の入力軸 S_i が50回転すると出力軸 S_o が逆方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を連結して減速機49を構成したので、充分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができる。また第1プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 P_2 を重ねて配置したので、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保しながら、減速機49の厚さをプラネタリギヤ機構2個分の厚さに抑え、第1電気

アクチュエータ 12, 12 および第2電気アクチュエータ 13, 13 を小型化して使用者の衣服の内側に体裁良く収めることが可能になる。

次に、図8～図10に基づいて、本発明の第2実施例に係る第1電気アクチュエータ 12 の構造を説明する。尚、第2電気アクチュエータ 13 の構造は第1電気アクチュエータ 12 の構造と同一である。

第1電気アクチュエータ 12 のケーシング 41 は、軸線 L を中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング 41 は、支持リング 42、支持プレート 44、モータハウジング 45 およびモータカバー 46 を積層して複数本のボルト 47 …で一体に締結してなり、モータハウジング 45 およびモータカバー 46 の内部にモータ 48 が収納され、また支持リング 42 の内部に減速機 49 が収納される。支持プレート 44 およびモータカバー 46 にボールベアリング 50, 51 を介して減速機 49 の入力軸 S_i が支持されており、モータ 48 のロータ 52 が入力軸 S_i に固定され、ロータ 52 の外周を取り囲むステータ 53 がモータハウジング 45 に固定される。ロータ 52 およびステータ 53 にはそれぞれ永久磁石 52a およびコイル 53a が設けられており、コイル 53a に通電すると、ロータ 52 と共に入力軸 S_i が回転する。

支持リング 42 の内部に収納された減速機 49 は、第1プラネタリギヤ機構 P₁、第2プラネタリギヤ機構 P₂ および第3プラネタリギヤ機構 P₃ を備え、第1プラネタリギヤ機構 P₁ の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 P₂ が配置され、更に第2プラネタリギヤ機構 P₂ の半径方向外側に第3プラネタリギヤ機構 P₃ が配置される。

第1プラネタリギヤ機構 P₁ は、第1サンギヤ ZS₁ と、第1リングギヤ ZR₁ と、複数の第1プラネタリギヤ ZP₁ …と、第1キャリヤ C₁ とを備える。第1サンギヤ ZS₁ は入力軸 S_i の軸端に電磁クラッチ 54 を介して接続される。第1リングギヤ ZR₁ は軸線 L を囲むように配置された内側リング部材 55i の内周に一体に形成される。第1サンギヤ ZS₁ および第1リングギヤ ZR₁ に同時に噛合する第1プラネタリギヤ ZP₁ …を回転自在に支持する第1キャリヤ C₁ は、支持プレート 44 の中心寄りの一部分として設けられる。従って、第1プラネタリギヤ機構 P₁ は、第1リングギヤ ZR₁ が回転可能で第1キャリヤ C₁

が固定されたスター型であり、入力軸S_iに電磁クラッチ54を介して結合された第1サンギヤZS₁が回転すると、その回転は減速され、かつ逆方向になって第1リングギヤZR₁に出力される。

第1サンギヤZS₁の入力回転数をn_{S1}とし、第1リングギヤZR₁の出力回転数をn_{R1}とすると、スター型の第1プラネタリギヤ機構P₁の減速比はn_{R1}/n_{S1}で定義される。第1サンギヤZS₁、第1リングギヤZR₁および第1プラネタリギヤZP₁の歯数を、それぞれz_{S1}、z_{R1}、z_{P1}で表すと、減速比n_{R1}/n_{S1}は、

$$n_{R1}/n_{S1} = -z_{S1}/z_{R1} \quad \dots (6)$$

で与えられる。(6)式の右辺の負号は、第1サンギヤZS₁の回転方向に対して第1リングギヤZR₁の回転方向が逆であることを示している。

第2プラネタリギヤ機構P₂は、第2サンギヤZS₂と、第2リングギヤZR₂と、複数の第2プラネタリギヤZP₂…と、第2キャリヤC₂とを備える。

第2サンギヤZS₂は内側リング部材55iの外周に一体に形成される。第2リングギヤZR₂は軸線Lを囲むように配置された外側リング部材55oの内周に一体に形成される。第2サンギヤZS₂および第2リングギヤZR₂に同時に噛合する第2プラネタリギヤZP₂…を回転自在に支持する第2キャリヤC₂は、支持プレート44の外周寄りの一部分として設けられる。従って、第2プラネタリギヤ機構P₂は、第2リングギヤZR₂が回転可能で第2キャリヤC₂が固定されたスター型であり、第1リングギヤZR₁と一体の第2サンギヤZS₂が回転すると、その回転は減速され、かつ逆方向になって第2リングギヤZR₂に出力される。

第2サンギヤZS₂の入力回転数をn_{S2}とし、第2リングギヤZR₂の出力回転数をn_{R2}とすると、スター型の第2プラネタリギヤ機構P₂の減速比はn_{R2}/n_{S2}で定義される。第2サンギヤZS₂、第2リングギヤZR₂および第2プラネタリギヤZP₂の歯数を、それぞれz_{S2}、z_{R2}、z_{P2}で表すと、減速比n_{R2}/n_{S2}は、

$$n_{R2}/n_{S2} = -z_{S2}/z_{R2} \quad \dots (7)$$

で与えられる。(7)式の右辺の負号は、第2サンギヤZS₂の回転方向に対し

て第2リングギヤ $Z R_2$ の回転方向が逆であることを示している。

第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ $Z S_3$ と、第3リングギヤ $Z R_3$ と、複数の第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …と、第3キャリヤ C_3 とを備える。

第3サンギヤ $Z S_3$ は、外側リング部材550の外周に一体に形成される。第3
5 リングギヤ $Z R_3$ はケーシング41に固定された支持リング42の内周に一体に
形成される。第3サンギヤ $Z S_3$ および第3リングギヤ $Z R_3$ に同時に噛合する
第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …を回転自在に支持する第3キャリヤ C_3 は、支持リ
ング42の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、
第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3リングギヤ $Z R_3$ が固定されて第3キャリ
10 ャ C_3 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部材となる第3サンギヤ $Z S_3$ が
回転すると、その回転は同方向に減速されて第3キャリヤ C_3 と一体の出力軸S
0に出力される。

第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数を n_{S_3} とし、第3キャリヤ C_3 の出力回
転数 n_{C_3} とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は n
15 c_3 / n_{S_3} で定義される。第3サンギヤ $Z S_3$ 、第3リングギヤ $Z R_3$ お
よび第3プラネタリギヤ $Z P_3$ の歯数を、それぞれ z_{S_3} , z_{R_3} , z_{P_3}
で表すと、減速比 n_{C_3} / n_{S_3} は、

$$n_{C_3} / n_{S_3} = z_{S_3} / (z_{S_3} + z_{R_3}) \quad \cdots (8)$$

() で与えられる。

20 しかし、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1リングギヤ $Z R_1$
の出力回転数 n_{R_1} は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サ
ンギヤ $Z S_2$ の入力回転数 n_{S_2} に等しく、また第2プラネタリギヤ機構 P_2
の出力部材である第2リングギヤ $Z R_2$ の出力回転数 n_{R_2} は、第3プラネタリ
ギヤ機構 P_3 の入力部材である第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数 n_{S_3} に等し
25 いため、(6)式に示す第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比 n_{R_1} / n_{S_1}
と、(7)式に示す第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比 n_{R_2} / n_{S_2} と、
(8)式に示す第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比 n_{C_3} / n_{S_3} との積は、
減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1サンギヤ $Z S_1$
の回転数 n_{S_1} に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構

P_3 の第3キャリヤ C_3 の回転数 n_{C_3} の比 n_{C_3} / n_{S_1} で与えられる。

$$(n_{r_1} / n_{S_1}) \times (n_{r_2} / n_{S_2}) \times (n_{C_3} / n_{S_3}) \\ = n_{C_3} / n_{S_1} \quad \dots (9)$$

(6) 式～(8) 式から、減速機49の減速比 n_{C_3} / n_{S_1} は、

5 $n_{C_3} / n_{S_1} = (-z_{S_1} / z_{r_1}) \times (-z_{S_2} / z_{r_2}) \\ \times \{z_{S_3} / (z_{S_3} + z_{r_3})\} \quad \dots (10)$

で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$\begin{array}{lll} z_{S_1} = 18 & z_{P_1} = 27 & z_{r_1} = 72 \\ z_{S_2} = 96 & z_{P_2} = 24 & z_{r_2} = 144 \\ z_{S_3} = 168 & z_{P_3} = 24 & z_{r_3} = 216 \end{array}$$

に設定されているため、上記歯数を(10)式に代入することで得られる減速機49の減速比 n_{C_3} / n_{S_1} は、 $1/13.7$ となる。つまり、減速機49の入力軸 S_i が13.7回転すると出力軸 S_o が同方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を連結して減速機49を構成したので、充分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができる。また第1プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 P_2 を重ねて配置し、かつ第2プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向外側に第3プラネタリギヤ機構 P_3 を重ねて配置したので、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保しながら、減速機49の厚さをプラネタリギヤ機構1個分の厚さに抑え、第1電気アクチュエータ12, 12および第2電気アクチュエータ13, 13を小型化して使用者の衣服の内側に体裁良く収めることが可能になる。

次に、図11～図13に基づいて、本発明の第3実施例に係る第1電気アクチュエータ12の構造を説明する。尚、第2電気アクチュエータ13の構造は第1電気アクチュエータ12の構造と同一である。

第1電気アクチュエータ12のケーシング41は、軸線Lを中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング41は、支持リング42、支持プレート44、モータハウジング45およびモータカバー46を積層し、複数本のボルト47…で一体に

締結してなり、モータハウジング45およびモータカバー46の内部にモータ48が収納され、また支持リング42および支持プレート44の内部に減速機49が収納される。支持プレート44およびモータカバー46にポールベアリング50, 51を介して減速機49の入力軸S_iが支持されており、モータ48のロータ52が5 入力軸S_iに固定され、ロータ52の外周を取り囲むステータ53がモータハウジング45に固定される。ロータ52およびステータ53にはそれぞれ永久磁石52aおよびコイル53aが設けられており、コイル53aに通電すると、ロータ52と共に入力軸S_iが回転する。

支持リング42の内部に収納された減速機49は、第1プラネタリギヤ機構P₁、第2プラネタリギヤ機構P₂ および第3プラネタリギヤ機構P₃ を備え、第1プラネタリギヤ機構P₁ の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構P₂ が配置され、更に第2プラネタリギヤ機構P₂ の半径方向外側に第3プラネタリギヤ機構P₃ が配置される。

第1プラネタリギヤ機構P₁ は、第1サンギヤZS₁ と、第1リングギヤZR₁ と、複数の第1プラネタリギヤZP₁ …と、第1キャリヤC₁ とを備える。

第1サンギヤZS₁ は入力軸S_iの軸端に電磁クラッチ54を介して接続される。

第1リングギヤZR₁ は軸線Lを囲むように支持プレート44の中心寄りの位置に一体に形成される。第1サンギヤZS₁ および第1リングギヤZR₁ に同時に噛合する第1プラネタリギヤZP₁ …を回転自在に支持する第1キャリヤC₁ は、20 軸線しまわりに回転自在に配置される。従って、第1プラネタリギヤ機構P₁ は、第1リングギヤZR₁ が固定されて第1キャリヤC₁ が回転可能なプラネタリ型であり、入力軸S_iに電磁クラッチ54を介して結合された第1サンギヤZS₁ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第1キャリヤC₁ に出力される。

第1サンギヤZS₁ の入力回転数をn_{s1} とし、第1キャリヤC₁ の出力回転数をn_{c1} とすると、プラネタリ型の第1プラネタリギヤ機構P₁ の減速比は25 n_{c1} / n_{s1} で定義される。第1サンギヤZS₁ 、第1リングギヤZR₁ および第1プラネタリギヤZP₁ の歯数を、それぞれz_{s1} , z_{r1} , z_{p1} で表すと、減速比n_{c1} / n_{s1} は、

$$n_{c1} / n_{s1} = z_{s1} / (z_{s1} + z_{r1}) \cdots (11)$$

で与えられる。

第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2サンギヤ ZS_2 と、第2リングギヤ ZR_2 と、複数の第2プラネタリギヤ ZP_2 …と、第2キャリヤ C_2 とを備える。

第2サンギヤ ZS_2 は第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1キャリヤ C_1 の外周に形成される。第2リングギヤ ZR_2 は軸線Lを囲むように支持プレート44の外周寄りの位置に一体に形成される。第2サンギヤ ZS_2 および第2リングギヤ ZR_2 に同時に噛合する第2プラネタリギヤ ZP_2 …を回転自在に支持する第2キャリヤ C_2 は、軸線Lまわりに回転自在に配置される。従って、第2プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2リングギヤ ZR_2 が固定されて第2キャリヤ C_2 が回転可能なプラネタリ型であり、第2サンギヤ ZS_2 が回転すると、その回転は同方向に減速されて第2キャリヤ C_2 に出力される。

第2サンギヤ ZS_2 の入力回転数を n_{S_2} とし、第2キャリヤ C_2 の出力回転数を n_{C_2} とすると、プラネタリ型の第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比は n_{C_2} / n_{S_2} で定義される。第2サンギヤ ZS_2 、第2リングギヤ ZR_2 および第2プラネタリギヤ ZP_2 の歯数を、それぞれ z_{S_2} , z_{R_2} , z_{P_2} で表すと、減速比 n_{C_2} / n_{S_2} は、

$$n_{C_2} / n_{S_2} = z_{S_2} / (z_{S_2} + z_{R_2}) \dots (12)$$

で与えられる。

() 第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ ZS_3 と、第3リングギヤ ZR_3 と、複数の第3プラネタリギヤ ZP_3 …と、第3キャリヤ C_3 とを備える。

第3サンギヤ ZS_3 は第2プラネタリギヤ機構 P_2 の第2キャリヤ C_2 の外周に形成される。第3リングギヤ ZR_3 は支持リング42の内周に一体に形成される。第3サンギヤ ZS_3 および第3リングギヤ ZR_3 に同時に噛合する第3プラネタリギヤ ZP_3 …を回転自在に支持する第3キャリヤ C_3 は、支持リング42の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3リングギヤ ZR_3 が固定されて第3キャリヤ C_3 が回転可能なプラネタリ型であり、第3サンギヤ ZS_3 が回転すると、その回転は同方向に減速されて第3キャリヤ C_3 と一体の出力軸 S_0 に出力される。

第3サンギヤ ZS_3 の入力回転数を n_{S_3} とし、第3キャリヤ C_3 の出力回

転数を n_{c_3} とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は n_{c_3} / n_{s_3} で定義される。第3サンギヤ Z_{S_3} 、第3リングギヤ Z_{R_3} および第3プラネタリギヤ Z_{P_3} の歯数を、それぞれ z_{s_3} , z_{r_3} , z_{p_3} で表すと、減速比 n_{c_3} / n_{s_3} は、

$$5 \quad n_{c_3} / n_{s_3} = z_{s_3} / (z_{s_3} + z_{r_3}) \cdots (13)$$

で与えられる。

しかし、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1キャリヤ C_1 の出力回転数 n_{c_1} は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サンギヤ Z_{S_2} の入力回転数 n_{s_2} に等しく、また第2プラネタリギヤ機構 P_2 の出力部材である第2キャリヤ C_2 の出力回転数 n_{c_2} は、第3プラネタリギヤ機構 P_3 の入力部材である第3サンギヤ Z_{S_3} の入力回転数 n_{s_3} に等しいため、

(11) 式に示す第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比 n_{c_1} / n_{s_1} と、

(12) 式に示す第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比 n_{c_2} / n_{s_2} と、

(13) 式に示す第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比 n_{c_3} / n_{s_3} との積

15 は、減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1サンギヤ Z_{S_1} の回転数 n_{s_1} に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構 P_3 の第3キャリヤ C_3 の回転数 n_{c_3} の比 n_{c_3} / n_{s_1} で与えられる。

$$(11) \quad (n_{c_1} / n_{s_1}) \times (n_{c_2} / n_{s_2}) \times (n_{c_3} / n_{s_3}) \\ 20 \quad = n_{c_3} / n_{s_1} \cdots (14)$$

(11)式～(13)式から、減速機49の減速比 n_{c_3} / n_{s_1} は、

$$n_{c_3} / n_{s_1} \\ = \{ z_{s_1} / (z_{s_1} + z_{r_1}) \} \times \{ z_{s_2} / (z_{s_2} + z_{r_2}) \} \\ \times \{ z_{s_3} / (z_{s_3} + z_{r_3}) \} \cdots (15)$$

25 で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$\begin{array}{lll} z_{s_1} = 18 & z_{p_1} = 27 & z_{r_1} = 72 \\ z_{s_2} = 96 & z_{p_2} = 24 & z_{r_2} = 144 \\ z_{s_3} = 168 & z_{p_3} = 24 & z_{r_3} = 216 \end{array}$$

に設定されているため、上記歯数を(15)式に代入することで得られる減速機4

9の減速比 n_{c_3} / n_{s_1} は、 $1/28.5$ となる。つまり、減速機49の入力軸 S_i が 28.5 回転すると出力軸 S_o が同方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3 プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を連結して減速機49を構成したので、充分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができ。また第1 プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第2 プラネタリギヤ機構 P_2 を重ねて配置し、更に第2 プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向外側に第3 プラネタリギヤ機構 P_3 を重ねて配置したので、第1～第3 プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保しながら、減速機49の厚さをプラネタリギヤ機構1個分の厚さに抑え、第1電気アクチュエータ12, 12および第2電気アクチュエータ13, 13を小型化して使用者の衣服の内側に体裁良く収めることができ。

次に、図14～図17に基づいて、本発明の第4実施例に係る第1電気アクチュエータ12の構造を説明する。尚、第2電気アクチュエータ13の構造は第1電気アクチュエータ12の構造と同一である。

第1電気アクチュエータ12のケーシング41は、軸線Lを中心とする有底円筒状に形成される。ケーシング41は、第1支持リング42、第2支持リング43、支持プレート44、モータハウジング45およびモータカバー46を積層して複数本のボルト47…で一体に締結してなり、モータハウジング45およびモータカバー46の内部にモータ48が収納され、また第1支持リング42および第2支持リング43の内部に減速機49が収納される。支持プレート44およびモータハウジング45にボールベアリング50, 51を介して減速機49の入力軸 S_i が支持されており、モータ48のロータ52が入力軸 S_i に固定され、ロータ52の外周を取り囲むステータ53がモータハウジング45に固定される。ロータ52およびステータ53にはそれぞれ永久磁石52aおよびコイル53aが設けられており、コイル53aに通電すると、ロータ52と共に入力軸 S_i が回転する。

減速機49は、第2支持リング43の内側に収納された第1 プラネタリギヤ機構 P_1 および第2 プラネタリギヤ機構 P_2 と、第1支持リング42の内側に収納された第3 プラネタリギヤ機構 P_3 とを備える。第1 プラネタリギヤ機構 P_1 は第

2 プラネタリギヤ機構 P_2 の半径方向内側に配置され、第3 プラネタリギヤ機構 P_3 は第1、第2 プラネタリギヤ機構 P_1 ， P_2 の軸線 L 方向外側に配置される。

第1 プラネタリギヤ機構 P_1 は、第1サンギヤ $Z S_1$ と、第1リングギヤ $Z R_1$

5 と、複数の第1 プラネタリギヤ $Z P_1$ …と、第1キャリヤ C_1 とを備える。

第1サンギヤ $Z S_1$ は入力軸 S_i の軸端に電磁クラッチ 5 4 を介して接続される。

第1リングギヤ $Z R_1$ は軸線 L を囲むように支持プレート 4 4 に一体に形成され
る。第1サンギヤ $Z S_1$ および第1リングギヤ $Z R_1$ に同時に噛合する第1 プラ

ネタリギヤ $Z P_1$ …を回転自在に支持する第1キャリヤ C_1 は、軸線しまわりに

10 回転自在に配置される。従って、第1 プラネタリギヤ機構 P_1 は、第1リングギ
ヤ $Z R_1$ が固定されて第1キャリヤ C_1 が回転可能なプラネタリ型であり、入力
軸 S_i に電磁クラッチ 5 4 を介して結合された第1サンギヤ $Z S_1$ が回転すると、
その回転は同方向に減速されて第1キャリヤ C_1 に出力される。

第1サンギヤ $Z S_1$ の入力回転数を n_{S_1} とし、第1キャリヤ C_1 の出力回

15 転数を n_{C_1} とすると、プラネタリ型の第1 プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比は

n_{C_1} / n_{S_1} で定義される。第1サンギヤ $Z S_1$ 、第1リングギヤ $Z R_1$

および第1 プラネタリギヤ $Z P_1$ の歯数を、それぞれ z_{S_1} ， z_{R_1} ， z_{P_1}

で表すと、減速比 n_{C_1} / n_{S_1} は、

$$n_{C_1} / n_{S_1} = z_{S_1} / (z_{S_1} + z_{R_1}) \dots (16)$$

20 で与えられる。

第2 プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2サンギヤ $Z S_2$ と、第2リングギヤ $Z R_2$
と、複数の第2 プラネタリギヤ $Z P_2$ …と、第2キャリヤ C_2 とを備える。

第2サンギヤ $Z S_2$ は第1 プラネタリギヤ機構 P_1 の第1キャリヤ C_1 の外周
に形成される。第2リングギヤ $Z R_2$ はケーシング 4 1 に固定された第2支持リ
ング 4 3 の内周に一体に形成される。第2サンギヤ $Z S_2$ および第2リングギヤ

25 $Z R_2$ に同時に噛合する第2 プラネタリギヤ $Z P_2$ …を回転自在に支持する第2
キャリヤ C_2 は、第2支持リング 4 3 の内周にボールベアリング 5 6 を介して回

転自在に支持される。従って、第2 プラネタリギヤ機構 P_2 は、第2リングギヤ
 $Z R_2$ が固定されて第2キャリヤ C_2 が回転可能なプラネタリ型であり、入力部

材となる第2サンギヤ $Z S_2$ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第2キャリヤ C_2 に出力される。

第2サンギヤ $Z S_2$ の入力回転数を $n s_2$ とし、第2キャリヤ C_2 の出力回転数 $n c_2$ とすると、プラネタリ型の第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比は $n c_2 / n s_2$ で定義される。第2サンギヤ $Z S_2$ 、第2リングギヤ $Z R_2$ および第2プラネタリギヤ $Z P_2$ の歯数を、それぞれ z_{S_2} , z_{R_2} , z_{P_2} で表すと、減速比 $n c_2 / n s_2$ は、

$$n c_2 / n s_2 = z_{S_2} / (z_{S_2} + z_{R_2}) \cdots (17)$$

で与えられる。

() 10 第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3サンギヤ $Z S_3$ と、第3リングギヤ $Z R_3$ と、複数の第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …と、第3キャリヤ C_3 とを備える。第3サンギヤ $Z S_3$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の第2キャリヤ C_2 の中央部外周に一体に形成される。第3リングギヤ $Z R_3$ はケーシング41に固定された第1支持リング42の内周に一体に形成される。第3サンギヤ $Z S_3$ および
15 第3リングギヤ $Z R_3$ に同時に噛合する第3プラネタリギヤ $Z P_3$ …を回転自在に支持する第3キャリヤ C_3 は、第1支持リング42の内周にボールベアリング57を介して回転自在に支持される。従って、第3プラネタリギヤ機構 P_3 は、第3リングギヤ $Z R_3$ が固定されて第3キャリヤ C_3 が回転可能なプラネタリ型
() 20 であり、入力部材となる第3サンギヤ $Z S_3$ が回転すると、その回転は同方向に減速されて第3キャリヤ C_3 と一体の出力軸 S_0 に出力される。

第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数を $n s_3$ とし、第3キャリヤ C_3 の出力回転数 $n c_3$ とすると、プラネタリ型の第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比は $n c_3 / n s_3$ で定義される。第3サンギヤ $Z S_3$ 、第3リングギヤ $Z R_3$ および第3プラネタリギヤ $Z P_3$ の歯数を、それぞれ z_{S_3} , z_{R_3} , z_{P_3} で表すと、減速比 $n c_3 / n s_3$ は、

$$n c_3 / n s_3 = z_{S_3} / (z_{S_3} + z_{R_3}) \cdots (18)$$

で与えられる。

しかして、第1プラネタリギヤ機構 P_1 の出力部材である第1キャリヤ C_1 の出力回転数 $n c_1$ は、第2プラネタリギヤ機構 P_2 の入力部材である第2サンギ

ヤ $Z S_2$ の入力回転数 $n s_2$ に等しく、また第2プラネタリギヤ機構 P_2 の出力部材である第2キャリヤ $Z C_2$ の出力回転数 $n c_2$ は、第3プラネタリギヤ機構 P_3 の入力部材である第3サンギヤ $Z S_3$ の入力回転数 $n s_3$ に等しいため、

(16) 式に示す第1プラネタリギヤ機構 P_1 の減速比 $n c_1 / n s_1$ と、

5 (17) 式に示す第2プラネタリギヤ機構 P_2 の減速比 $n c_2 / n s_2$ と、

(18) 式に示す第3プラネタリギヤ機構 P_3 の減速比 $n c_3 / n s_3$ との積は、減速機49の入力部材である第1プラネタリギヤ機構 P_1 の第1サンギヤ $Z S_1$ の回転数 $n s_1$ に対する、減速機49の出力部材である第3プラネタリギヤ機構 P_3 の第3キャリヤ C_3 の回転数 $n c_3$ の比 $n c_3 / n s_1$ で与えられる。

$$(n c_1 / n s_1) \times (n c_2 / n s_2) \times (n c_3 / n s_3) = n c_3 / n s_1 \quad \dots (19)$$

(16) 式～(18) 式から、減速機49の減速比 $n c_3 / n s_1$ は、

$$\begin{aligned} n c_3 / n s_1 &= \{ z s_1 / (z s_1 + z r_1) \} \times \{ z s_2 / (z s_2 + z r_2) \} \\ 15 &\quad \times \{ z s_3 / (z s_3 + z r_3) \} \quad \dots (20) \end{aligned}$$

で与えられ、実施例では、各ギヤの歯数が、

$$z s_1 = 18 \quad z p_1 = 27 \quad z r_1 = 72$$

$$z s_2 = 96 \quad z p_2 = 24 \quad z r_2 = 144$$

$$20 \quad z s_3 = 36 \quad z p_3 = 54 \quad z r_3 = 144$$

に設定されているため、上記歯数を(20)式に代入することで得られる減速機49の減速比 $n c_3 / n s_1$ は、 $1/62.5$ となる。つまり、減速機49の入力軸 S_i が62.5回転すると出力軸 S_o が同方向に1回転することになる。

以上のように、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ を連結して減速機4

25 9を構成したので、充分な減速比を確保してモータ48のトルクを増加させることができる。また第1プラネタリギヤ機構 P_1 の半径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 P_2 を重ねて配置したので、第1～第3プラネタリギヤ機構 $P_1 \sim P_3$ の全てを軸線L方向に重ねて配置する場合に比べて、減速機49の軸線L方向の厚さを減少させることができる。つまり、プラネタリギヤ機構3個分の減速比を確保

しながら、減速機49の厚さをプラネタリギヤ機構2個分の厚さに抑え、第1電気アクチュエータ12, 12および第2電気アクチュエータ13, 13を小型化して使用者の衣服の内側に体裁良く収めることが可能になる。

以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々
5 の設計変更を行うことが可能である。

例えば、第1実施例の減速機49は第1～第3プラネタリギヤ機構P₁～P₃を備えているが、第3プラネタリギヤ機構P₃を廃止して第1、第2プラネタリギヤ機構P₁, P₂だけを備えるものでも良い。

また第1～第4実施例では電磁クラッチ54を入力軸S_iと第1サンギヤZS₁との間に配置しているが、入力軸S_iおよび出力軸S_o間の任意の位置に電磁クラッチ54を設けることができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明は脚力の衰えた老人や傷病者の運動をアシストする歩行補助装置の減速機に好適に適用することができる。

()

請求の範囲

1. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ（48）により駆動される入力軸（S_i）の回転を減速して脚関節に接続された出力軸（S_o）に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

軸線（L）上に入力軸（S_i）、出力軸（S_o）、第1プラネタリギヤ機構（P₁）および第2プラネタリギヤ機構（P₂）を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構（P₁）の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構（P₂）を概ね重なるように配置し、入力軸（S_i）の回転を第1プラネタリギヤ機構（P₁）および第2プラネタリギヤ機構（P₂）で減速して出力軸（S_o）に伝達するようにし、

第1プラネタリギヤ機構（P₁）は、入力軸（S_i）に設けられた第1サンギヤ（Z S₁）と、第1サンギヤ（Z S₁）の外周を囲むように回転自在に配置された第1リングギヤ（Z R₁）と、第1サンギヤ（Z S₁）および第1リングギヤ（Z R₁）に同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤ（Z P₁）と、第1プラネタリギヤ（Z P₁）を回転自在に支持する第1キャリヤ（C₁）とを備え、

第2プラネタリギヤ機構（P₂）は、第1リングギヤ（Z R₁）の外周に設けられた第2サンギヤ（Z S₂）と、第2サンギヤ（Z S₂）の外周を囲むように配置された第2リングギヤ（Z R₂）と、第2サンギヤ（Z S₂）および第2リングギヤ（Z R₂）に同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤ（Z P₂）と、第2プラネタリギヤ（Z P₂）を回転自在に支持する第2キャリヤ（C₂）とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

2. 第1プラネタリギヤ機構（P₁）の第1キャリヤ（C₁）をケーシング（41）に固定し、第2プラネタリギヤ機構（P₂）の第2リングギヤ（Z R₂）をケーシング（41）に固定し、第2プラネタリギヤ機構（P₂）の第2キャリヤ（C₂）を出力軸（S_o）に接続したことを特徴とする、請求項1に記載の歩行補助装置の減速機。

3. 第1プラネタリギヤ機構（P₁）および第2プラネタリギヤ機構（P₂）に対して同軸に、かつ軸線（L）方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構（P₃

) を配置し、第3プラネタリギヤ機構 (P_3) は、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) の第2キャリヤ (C_2) の中央部外周に設けられた第3サンギヤ (ZS_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) の外周を囲むように配置されてケーシングに固定された第3リングギヤ (ZR_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) および第3リングギヤ (ZR_3) に同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤ (ZP_3) と、
5 第3ラネタリギヤ (ZP_3) を回転自在に支持して出力軸 (S o) に接続された第3キャリヤ (C_3) とを備えたことを特徴とする、請求項2に記載の歩行補助装置の減速機。

4. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ (48) により駆動される入力軸 (S i) の回転を減速して脚関節に接続された出力軸 (S o) に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

軸線 (L) 上に入力軸 (S i) 、出力軸 (S o) 、第1プラネタリギヤ機構 (P_1) 、第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3) を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構 (P_1) の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構 (P_2) を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構 (P_2) の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構 (P_3) を概ね重なるように配置し、入力軸 (S i) の回転を第1プラネタリギヤ機構 (P_1) 、
15 第2プラネタリギヤ機構 (P_2) および第3プラネタリギヤ機構 (P_3) で減速して出力軸 (S o) に伝達するようにし、

20 第1プラネタリギヤ機構 (P_1) は、入力軸 (S i) に設けられた第1サンギヤ (ZS_1) と、第1サンギヤ (ZS_1) を囲むように回転自在に配置された内側リング部材 (55i) の内周に形成された第1リングギヤ (ZR_1) と、第1サンギヤ (ZS_1) および第1リングギヤ (ZR_1) に同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤ (ZP_1) と、ケーシング (41) に固定されて第1プラネタリギヤ (ZP_1) を回転自在に支持する第1キャリヤ (C_1) とを備え、
25

第2プラネタリギヤ機構 (P_2) は、内側リング部材 (55i) の外周に形成された第2サンギヤ (ZS_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) の外周を囲むように配置された外側リング部材 (55o) の内周に形成された第2リングギヤ (ZR_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) および第2リングギヤ (ZR_2) に同時に噛合

する複数個の第2プラネタリギヤ（ZP₂）と、ケーシング（41）に固定されて第2プラネタリギヤ（ZP₂）を回転自在に支持する第2キャリヤ（C₂）とを備え、

第3プラネタリギヤ機構（P₃）は、外側リング部材（550）の外周に形成された第3サンギヤ（ZS₃）と、第3サンギヤ（ZS₃）の外周を囲むようにケーシング（41）に固定された第3リングギヤ（ZR₃）と、第3サンギヤ（ZS₃）および第3リングギヤ（ZR₃）に同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤ（ZP₃）と、第3プラネタリギヤ（ZP₃）を回転自在に支持して出力軸（SO）に接続された第3キャリヤ（C₃）とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

5. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ（48）により駆動される入力軸（Si）の回転を減速して脚関節に接続された出力軸（So）に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

軸線（L）上に入力軸（Si）、出力軸（So）、第1プラネタリギヤ機構（P₁）、第2プラネタリギヤ機構（P₂）および第3プラネタリギヤ機構（P₃）を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構（P₁）の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構（P₂）を概ね重なるように配置し、更に第2プラネタリギヤ機構（P₂）の径方向外側に第3プラネタリギヤ機構（P₃）を概ね重なるように配置し、入力軸（Si）の回転を第1プラネタリギヤ機構（P₁）、第2プラネタリギヤ機構（P₂）および第3プラネタリギヤ機構（P₃）で減速して出力軸（So）に伝達するようにし、

第1プラネタリギヤ機構（P₁）は、入力軸（Si）に設けられた第1サンギヤ（ZS₁）と、第1サンギヤ（ZS₁）を囲むようにケーシング（41）に固定された第1リングギヤ（ZR₁）と、第1サンギヤ（ZS₁）および第1リングギヤ（ZR₁）に同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤ（ZP₁）と、第1プラネタリギヤ（ZP₁）を回転自在に支持する第1キャリヤ（C₁）とを備え、

第2プラネタリギヤ機構（P₂）は、第1キャリヤ（C₁）の外周に形成された第2サンギヤ（ZS₂）と、第2サンギヤ（ZS₂）の外周を囲むようにケー

シング（41）に固定された第2リングギヤ（ZR₂）と、第2サンギヤ（ZS₂）および第2リングギヤ（ZR₂）に同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤ（ZP₂）と、第2プラネタリギヤ（ZP₂）を回転自在に支持する第2キャリヤ（C₂）とを備え、

5 第3プラネタリギヤ機構（P₃）は、第2キャリヤ（C₂）の外周に形成された第3サンギヤ（ZS₃）と、第3サンギヤ（ZS₃）の外周を囲むようにケーシング（41）に固定された第3リングギヤ（ZR₃）と、第3サンギヤ（ZS₃）および第3リングギヤ（ZR₃）に同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤ（ZP₃）と、第3プラネタリギヤ（ZP₃）を回転自在に支持して出力軸（S_O）に接続された第3キャリヤ（C₃）とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

6. 使用者の脚関節を伸展・屈曲させて歩行運動を補助すべく、モータ（48）により駆動される入力軸（S_i）の回転を減速して脚関節に接続された出力軸（S_O）に伝達する歩行補助装置の減速機であって、

15 軸線（L）上に入力軸（S_i）、出力軸（S_O）、第1プラネタリギヤ機構（P₁）、第2プラネタリギヤ機構（P₂）および第3プラネタリギヤ機構（P₃）を同軸に配置するとともに、第1プラネタリギヤ機構（P₁）の径方向外側に第2プラネタリギヤ機構（P₂）を概ね重なるように配置し、第1プラネタリギヤ機構（P₁）および第2プラネタリギヤ機構（P₂）に対して軸線（L）方向に重なるように第3プラネタリギヤ機構（P₃）を配置し、入力軸（S_i）の回転を第1プラネタリギヤ機構（P₁）、第2プラネタリギヤ機構（P₂）および第3プラネタリギヤ機構（P₃）で減速して出力軸（S_O）に伝達するようにし、

25 第1プラネタリギヤ機構（P₁）は、入力軸（S_i）に設けられた第1サンギヤ（ZS₁）と、第1サンギヤ（ZS₁）の外周を囲むようにケーシング（41）に固定された第1リングギヤ（ZR₁）と、第1サンギヤ（ZS₁）および第1リングギヤ（ZR₁）に同時に噛合する複数個の第1プラネタリギヤ（ZP₁）と、第1プラネタリギヤ（ZP₁）を回転自在に支持する第1キャリヤ（C₁）とを備え、

第2プラネタリギヤ機構 (P_2) は、第1キャリヤ (C_1) の外周に設けられた第2サンギヤ (ZS_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) の外周を囲むようにケーシング (41) に固定された第2リングギヤ (ZR_2) と、第2サンギヤ (ZS_2) および第2リングギヤ (ZR_2) に同時に噛合する複数個の第2プラネタリギヤ (ZP_2) と、第2プラネタリギヤ (ZP_2) を回転自在に支持する第2キャリヤ (C_2) とを備え。

第3プラネタリギヤ機構 (P_3) は、第2キャリヤ (C_2) の中央部外周に設けられた第3サンギヤ (ZS_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) の外周を囲むようにケーシング (41) に固定された第3リングギヤ (ZR_3) と、第3サンギヤ (ZS_3) および第3リングギヤ (ZR_3) に同時に噛合する複数個の第3プラネタリギヤ (ZP_3) と、第3プラネタリギヤ (ZP_3) を回転自在に支持して出力軸 (SO) に接続された第3キャリヤ (C_3) とを備えたことを特徴とする歩行補助装置の減速機。

要 約 書

歩行補助装置の減速機（49）はモータ（48）に接続された入力軸（S i）と出力軸（S o）との間に、第1～第3 プラネタリギヤ機構（P₁～P₃）を備えており、入力軸（S i）に接続された第1 プラネタリギヤ機構（P₁）の半径方向外側に第2 プラネタリギヤ機構（P₂）を配置し、第1 プラネタリギヤ機構（P₁）の軸線L 方向外側に第3 プラネタリギヤ機構（P₃）を配置するので、入力軸（S i）の回転を第1～第3 プラネタリギヤ機構（P₁～P₃）で3段に減速して出力軸（S o）に伝達しながら、第1～第3 プラネタリギヤ機構（P₁～P₃）の全てを軸線（L）方向に重なるように配置する場合に比べて減速機（49）の厚さを減少させることができ、使用者が歩行補助装置を装着したときの体裁を良くすることができる。

図 1

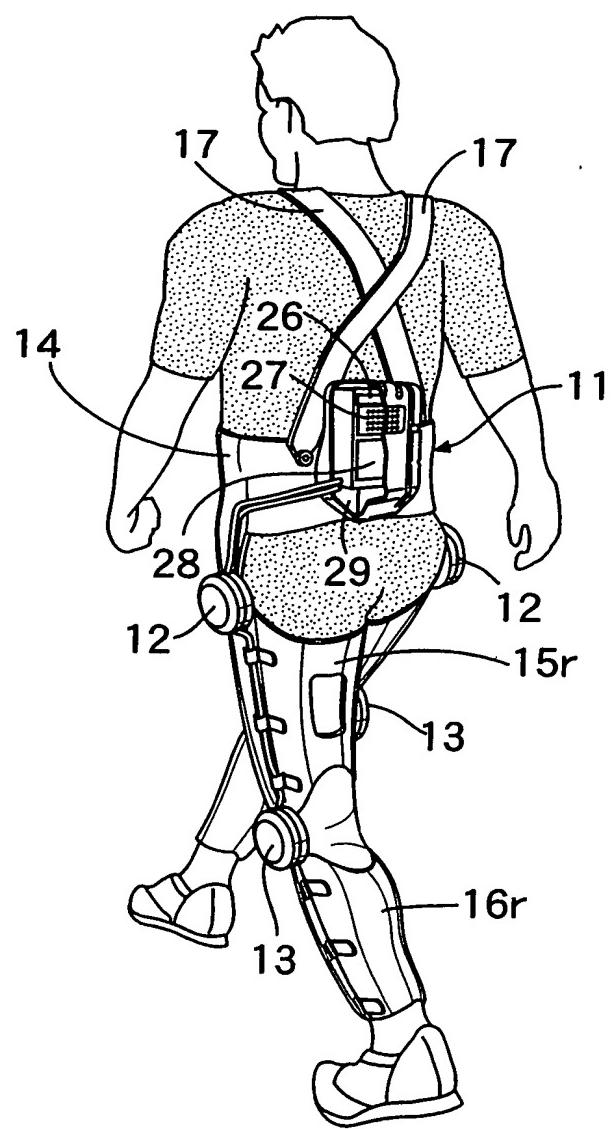


図 2

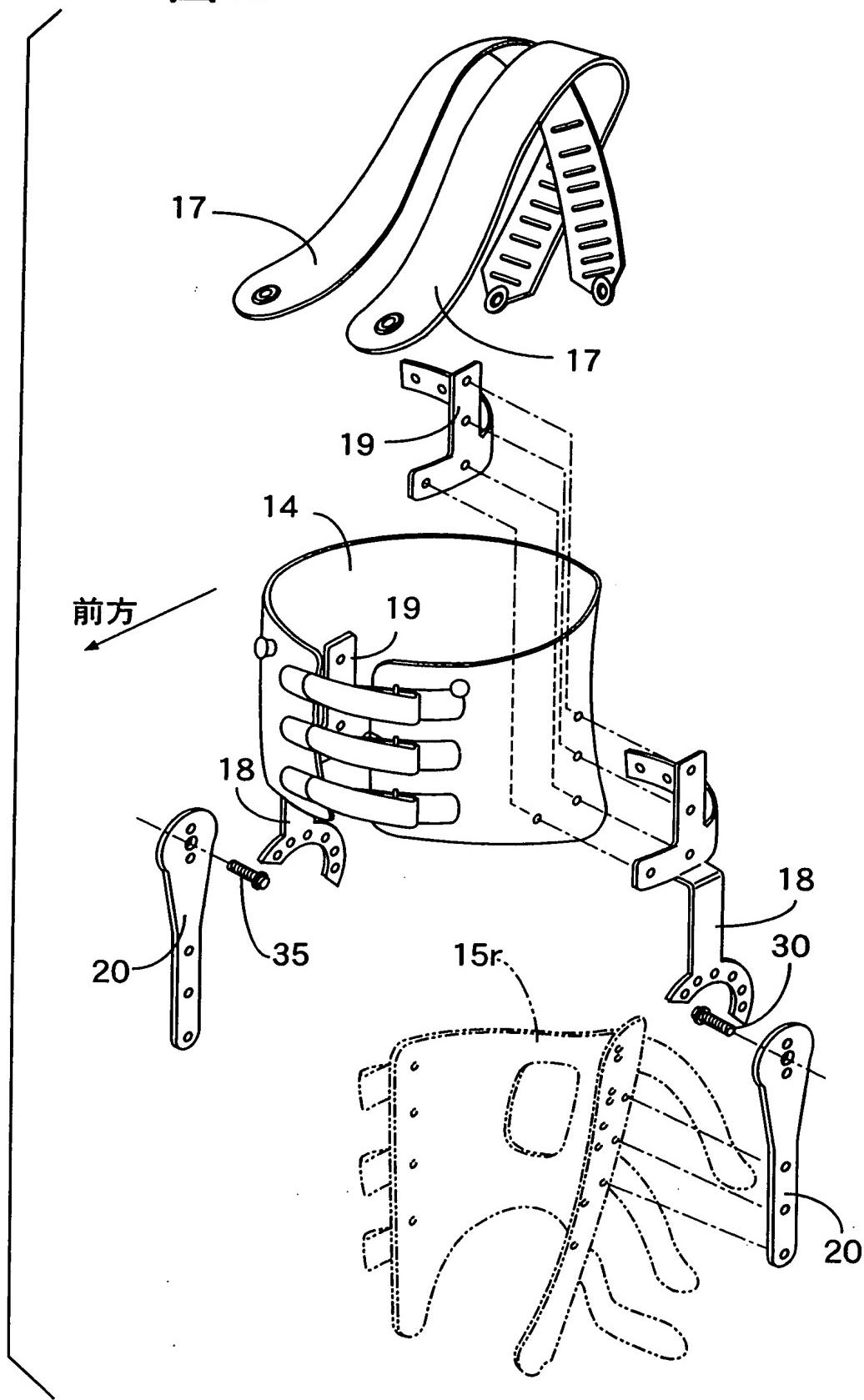
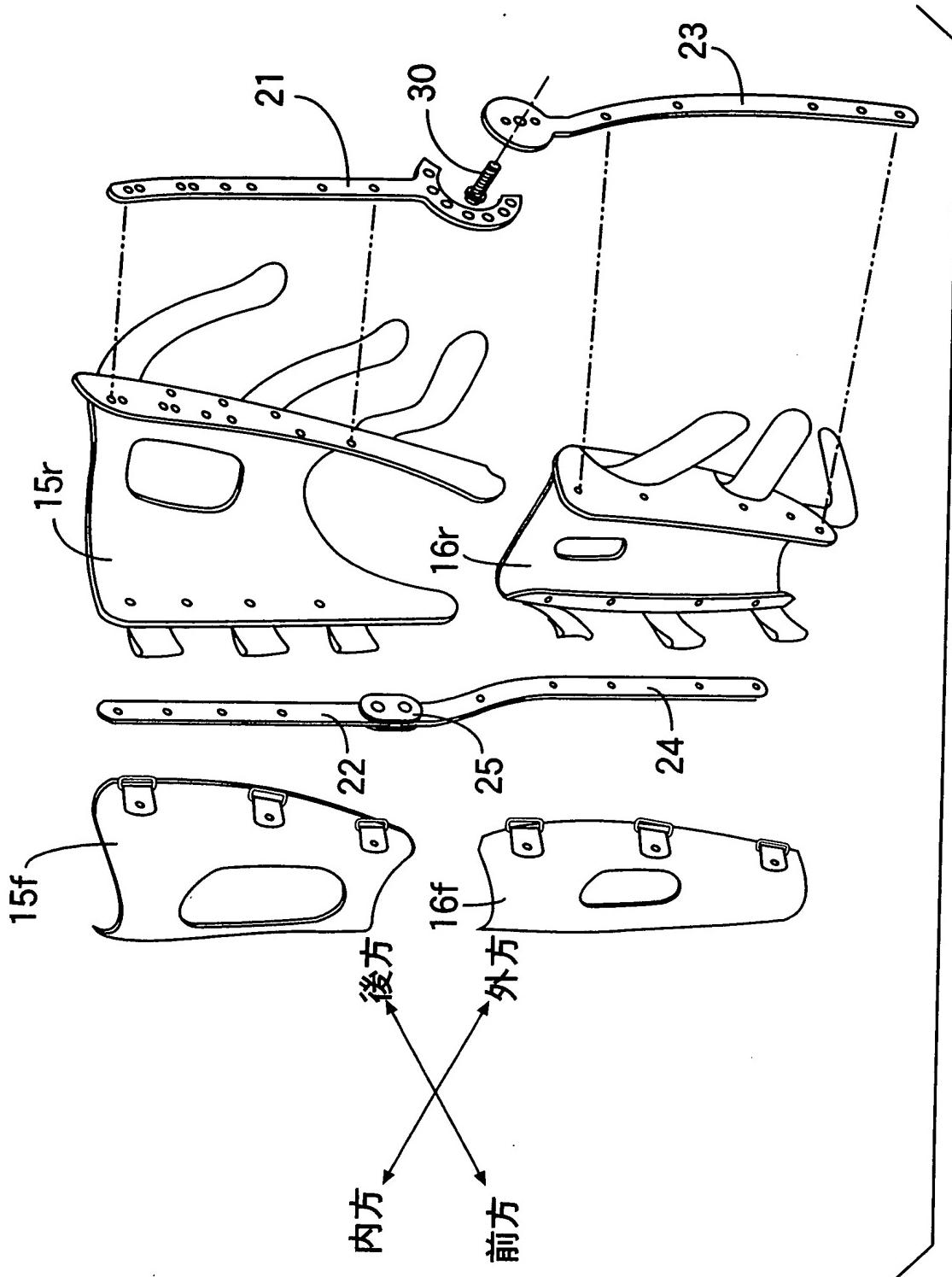


図 3



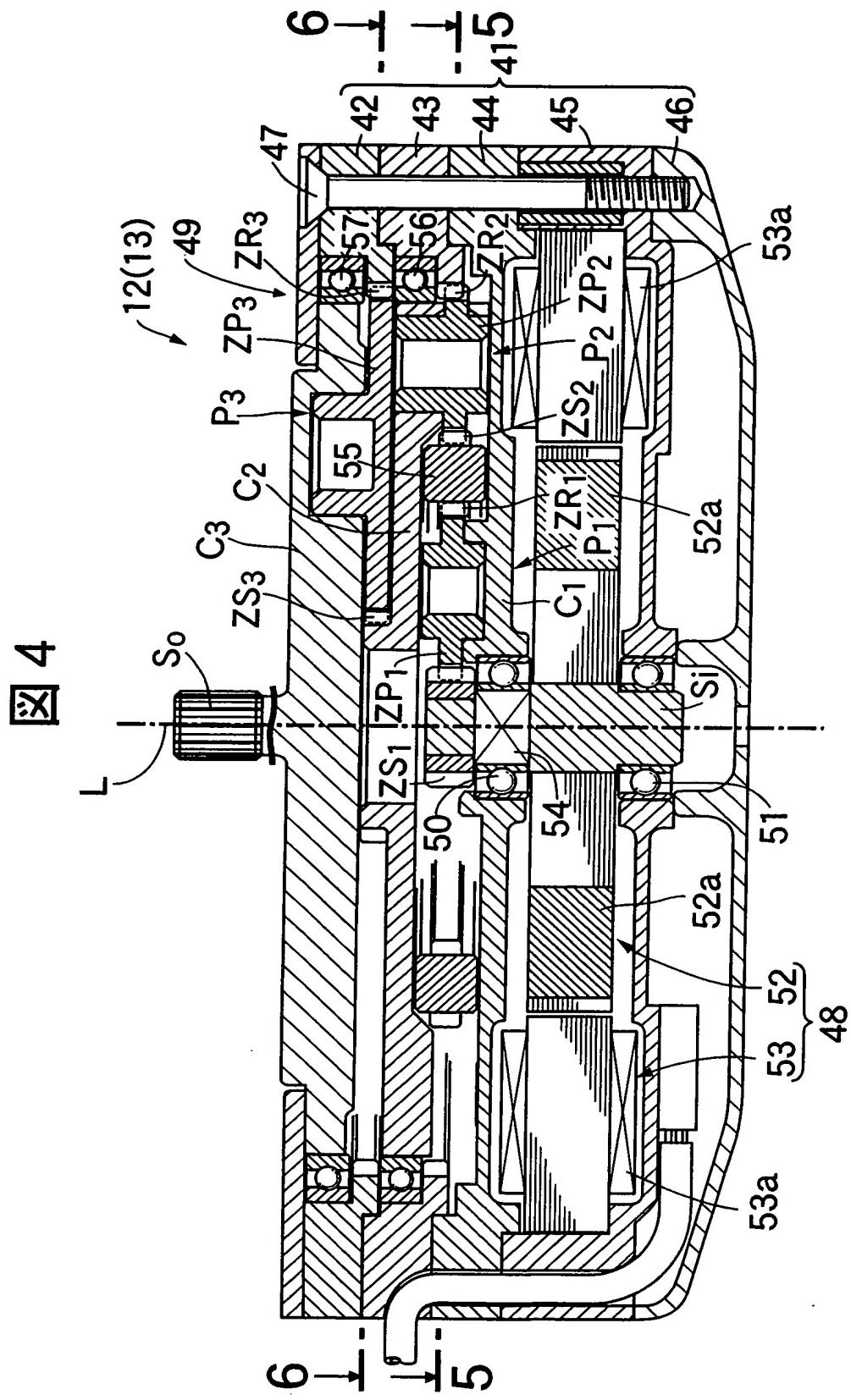


図 5

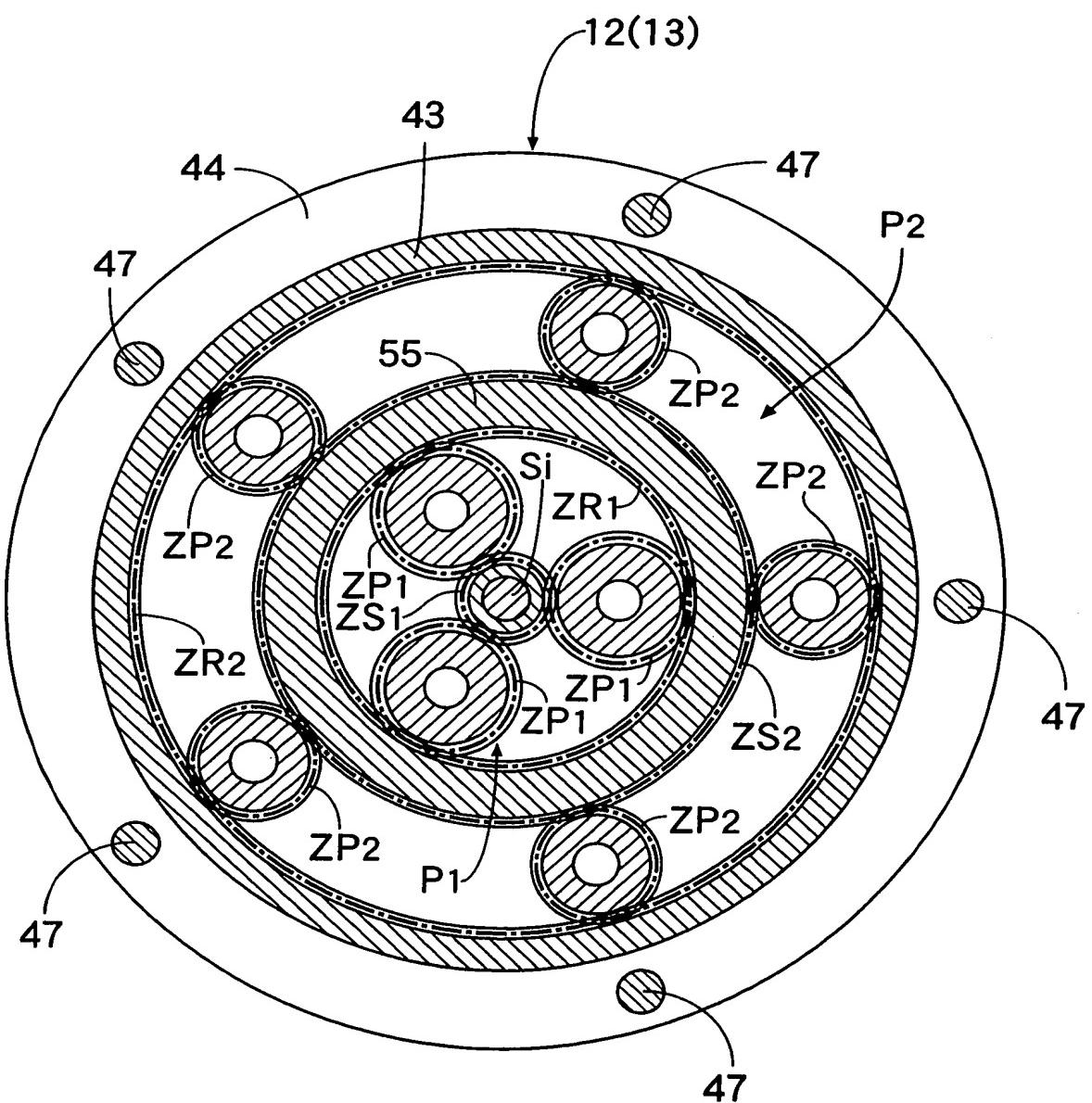


図 6

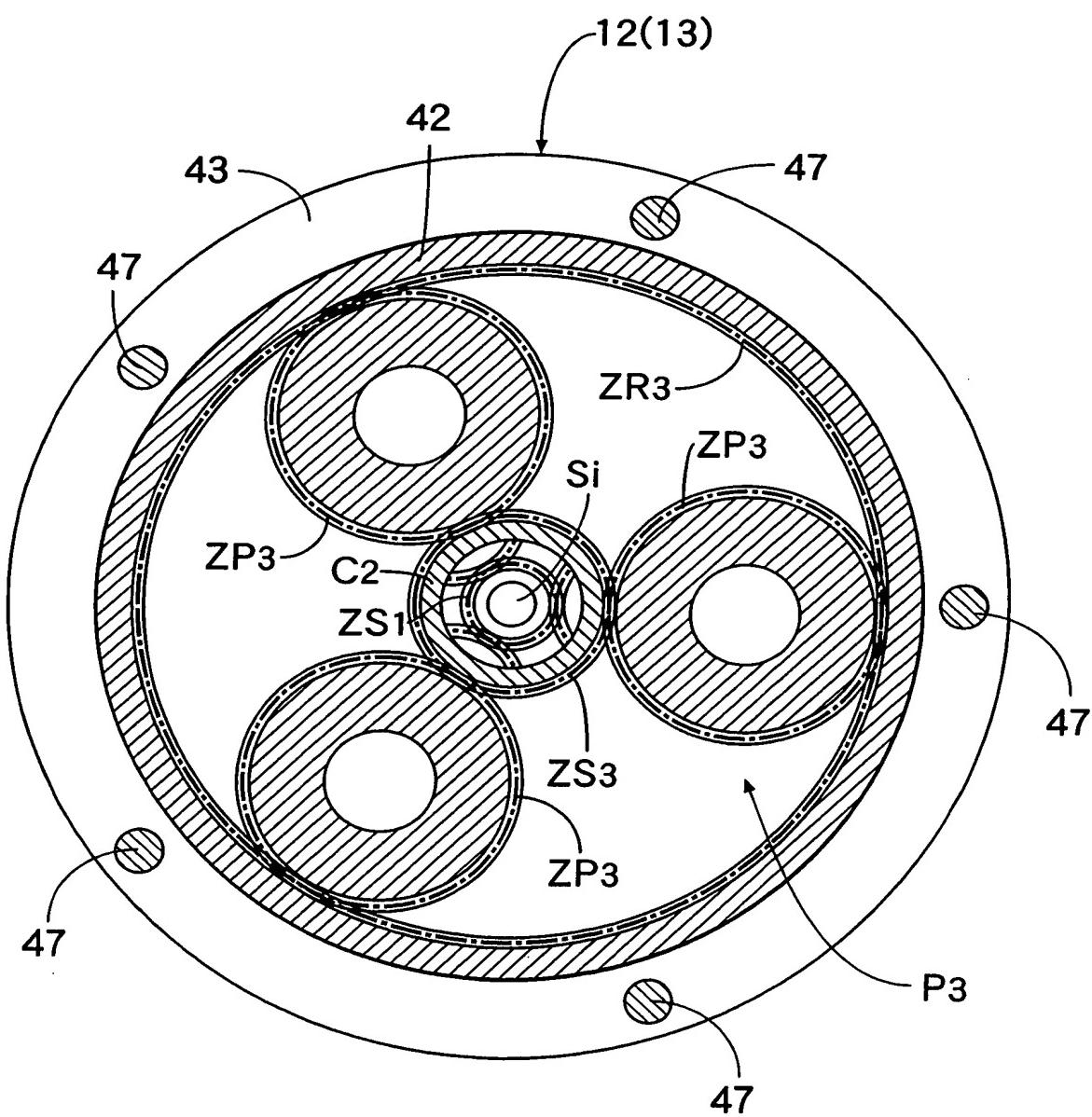
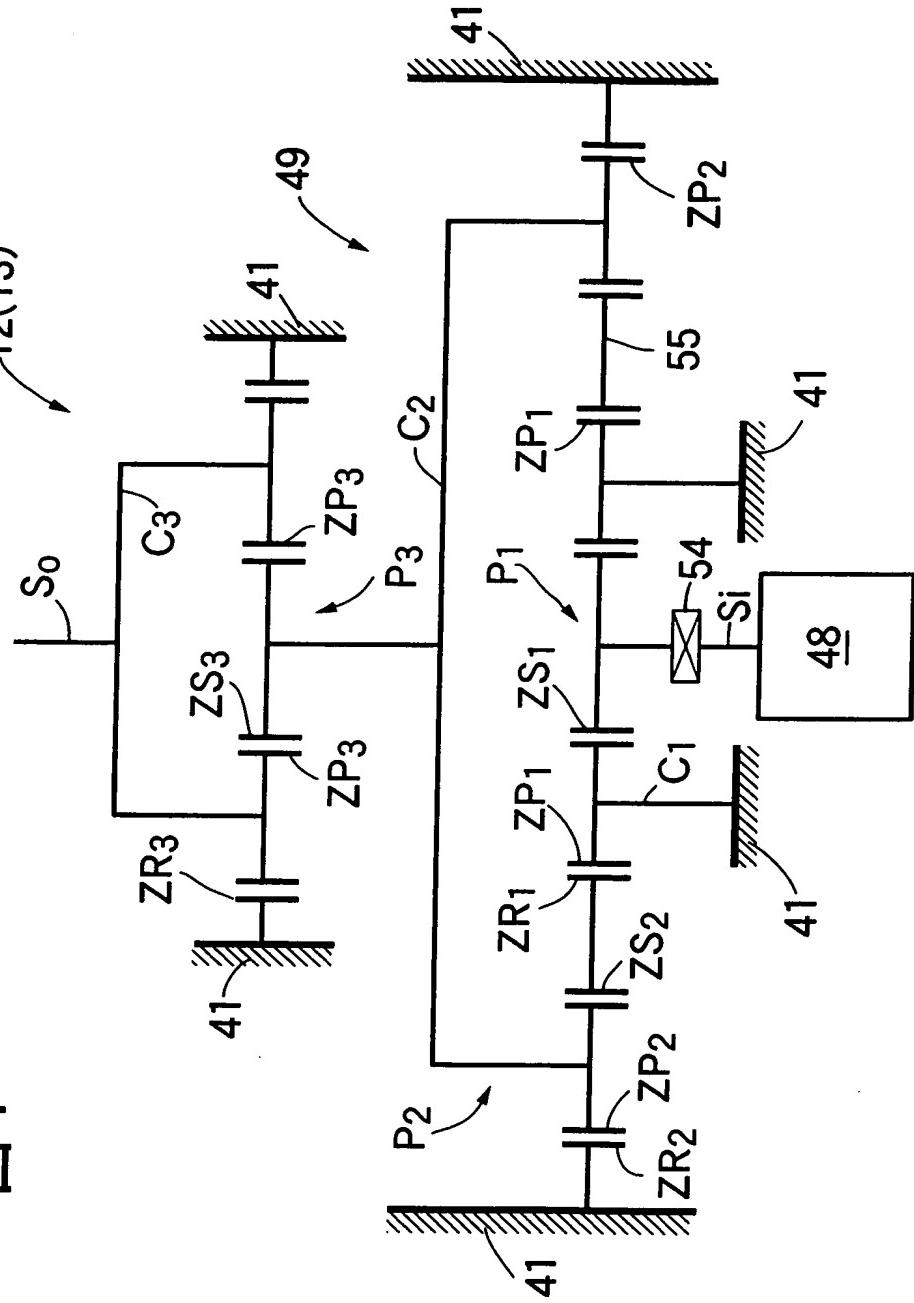
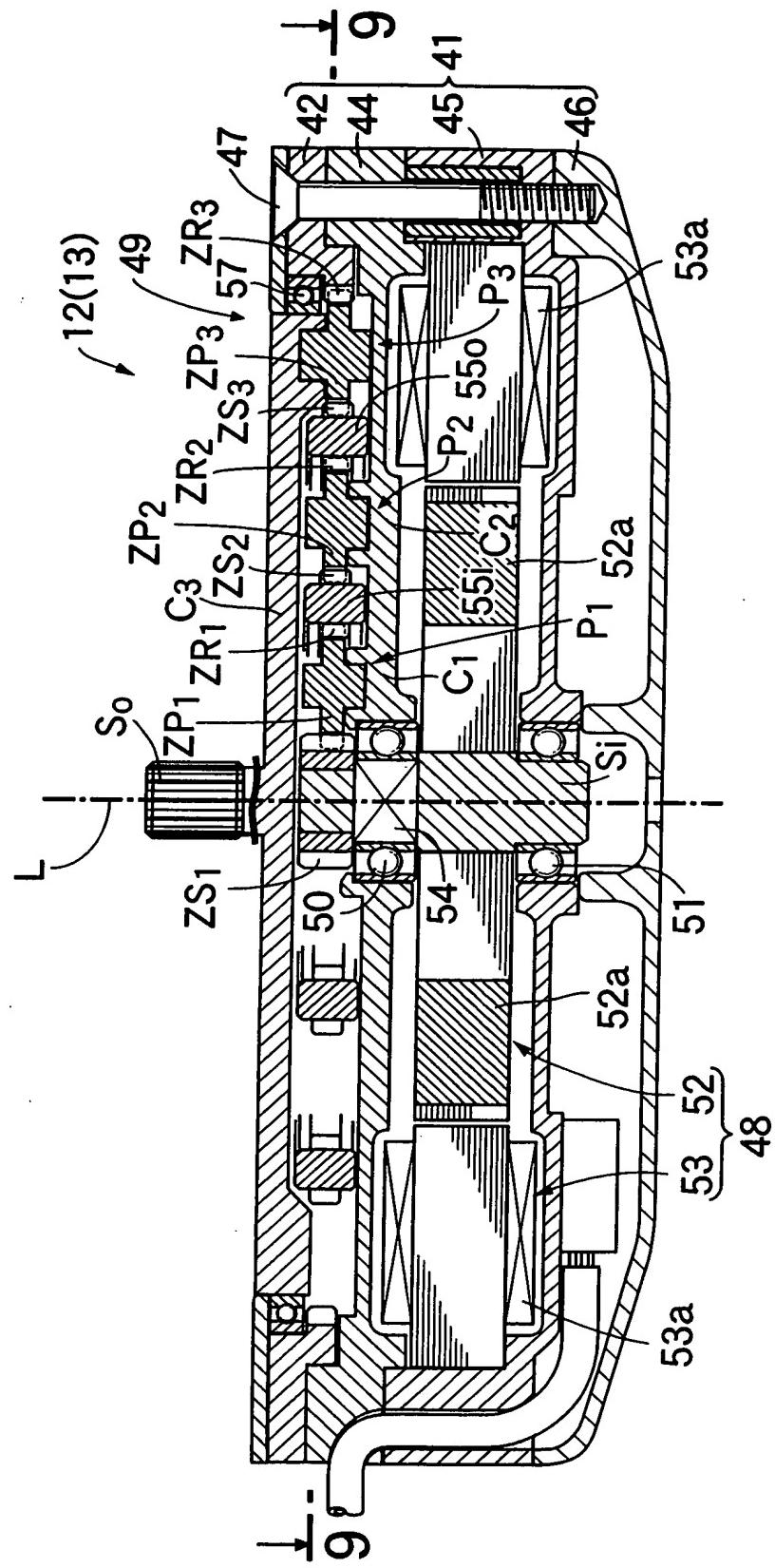


図 7

12(13)



☒ 8



9

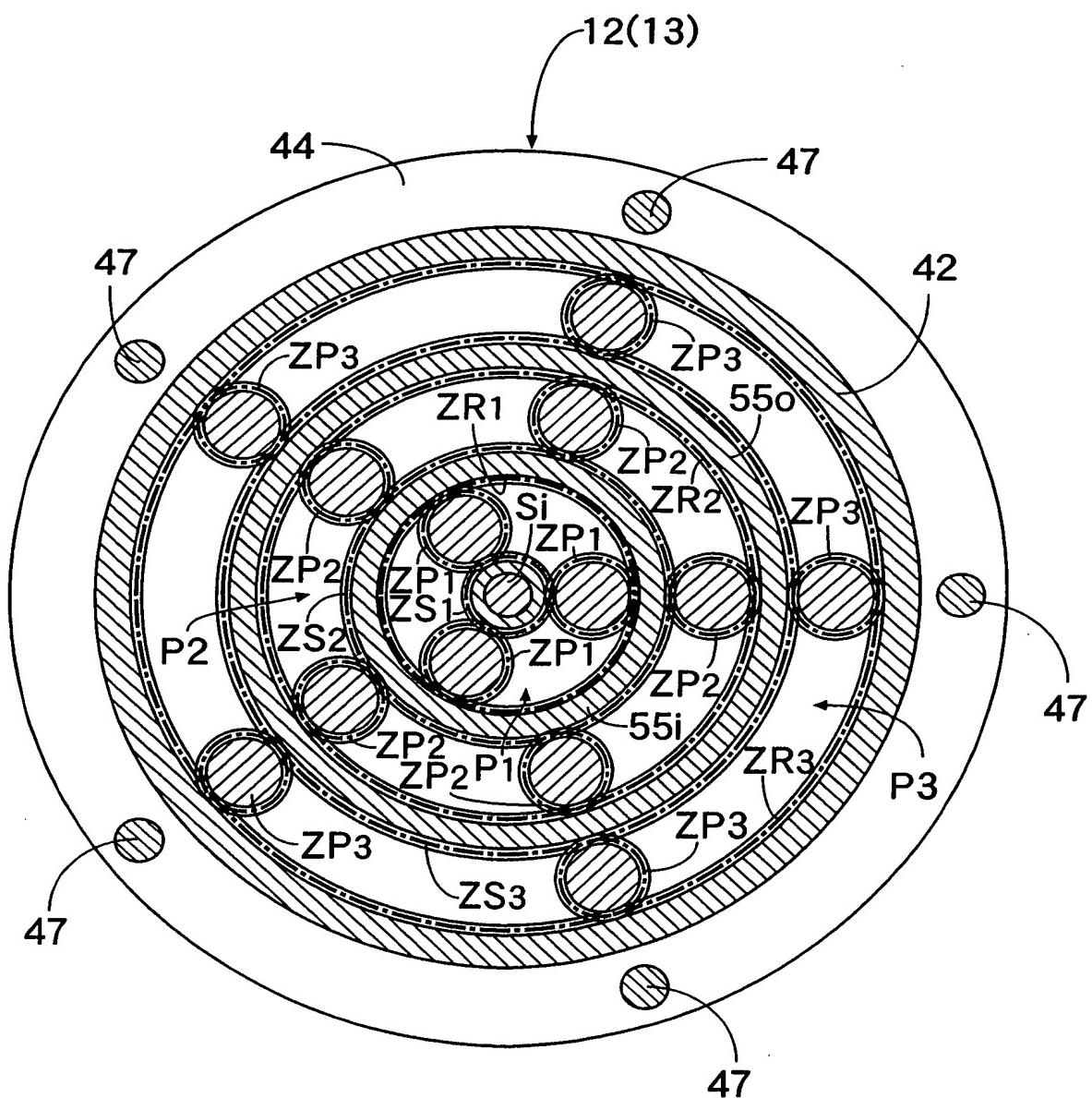


図 10

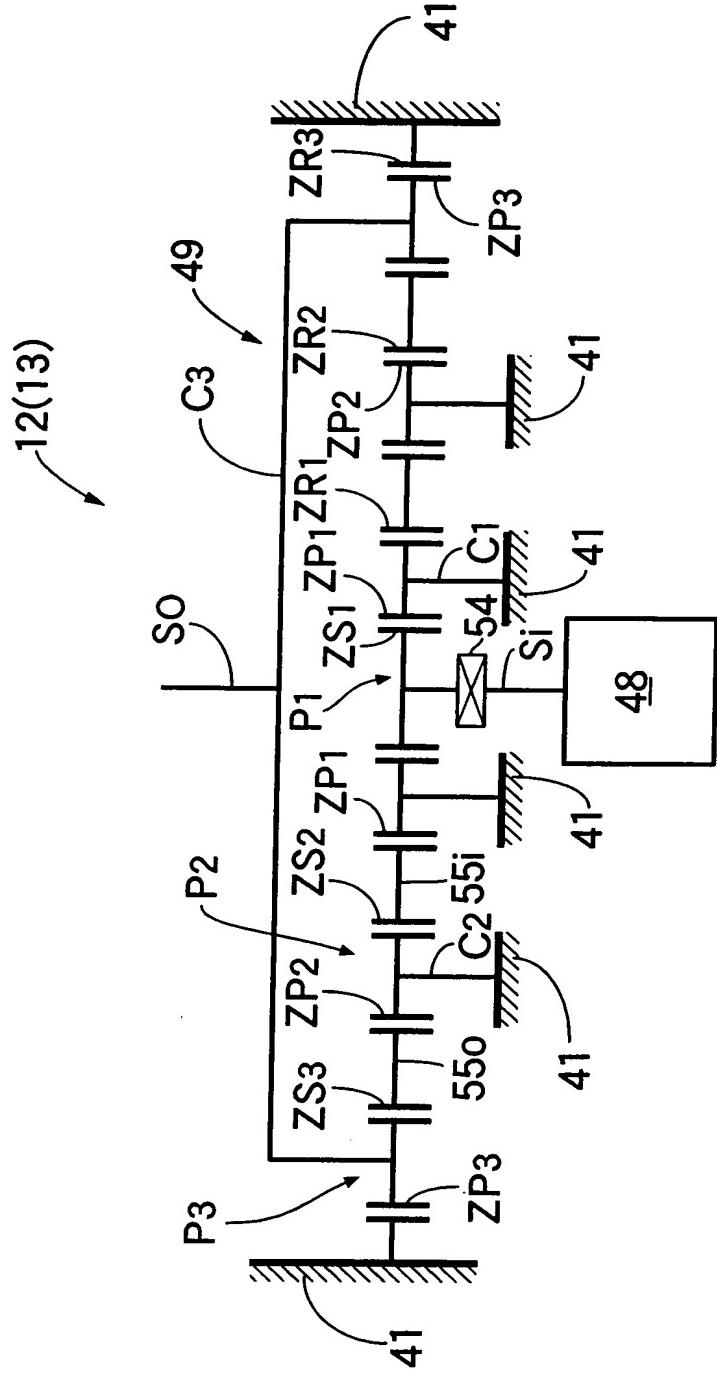
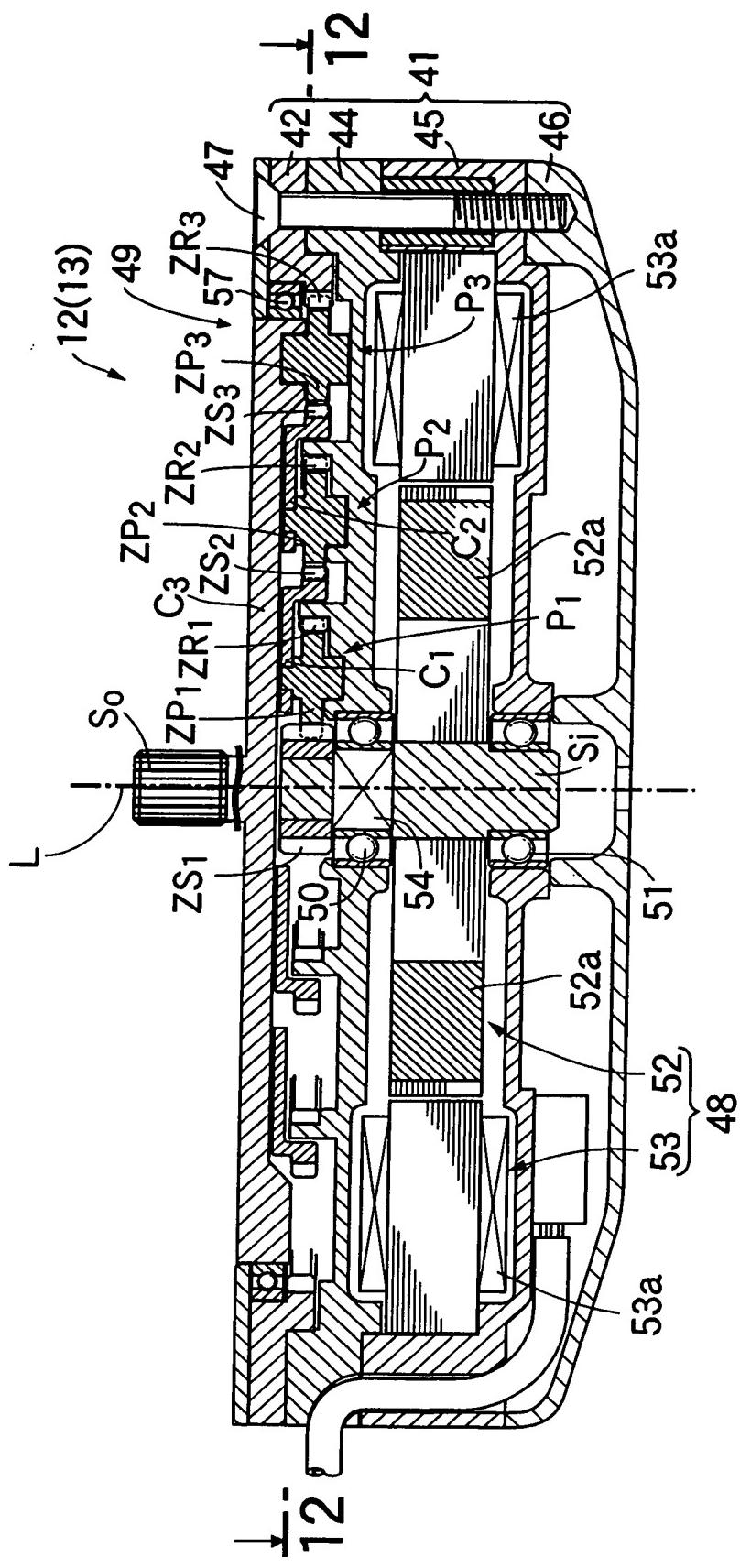


図 11



12/17

☒ 12

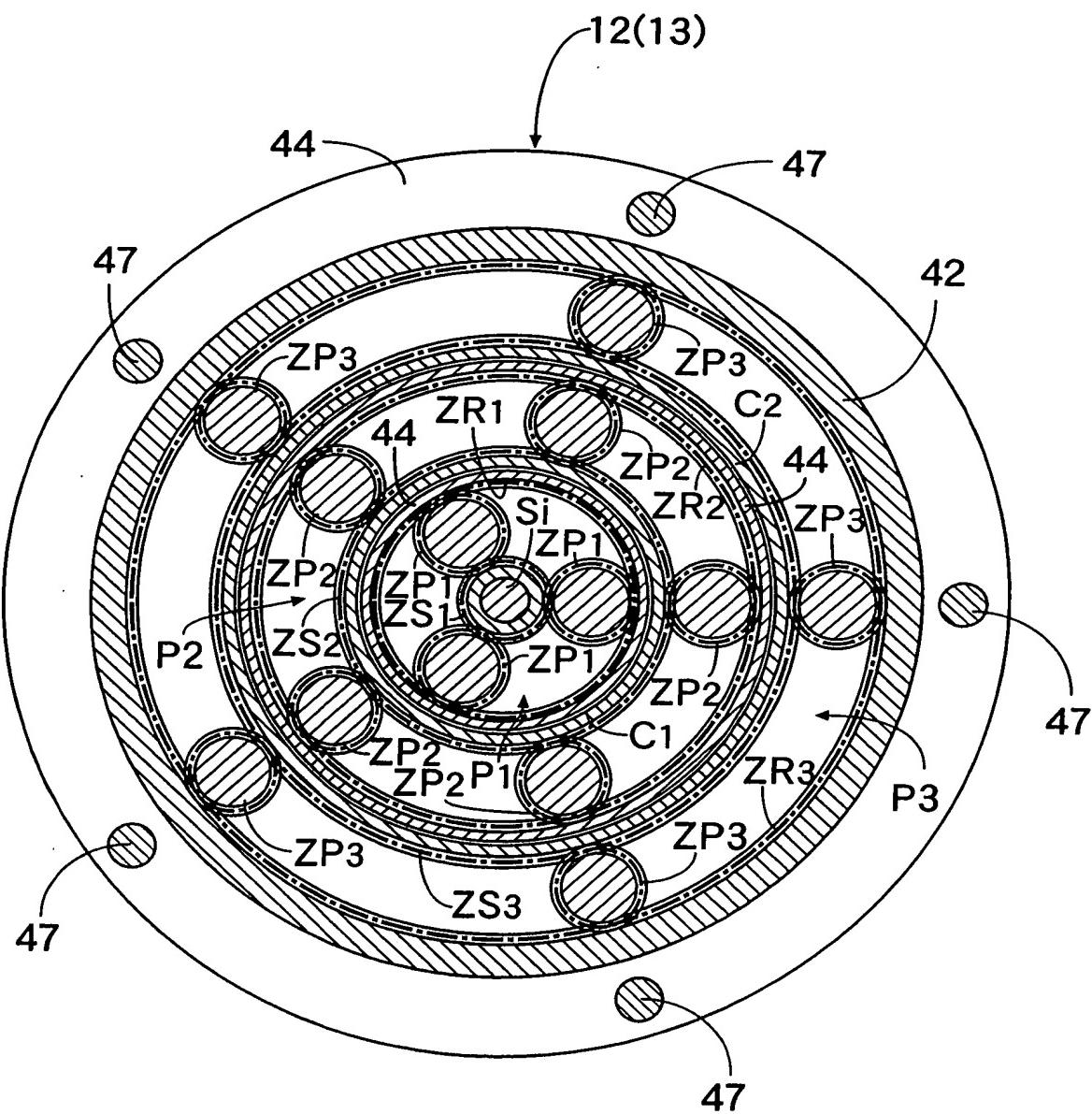


図 13

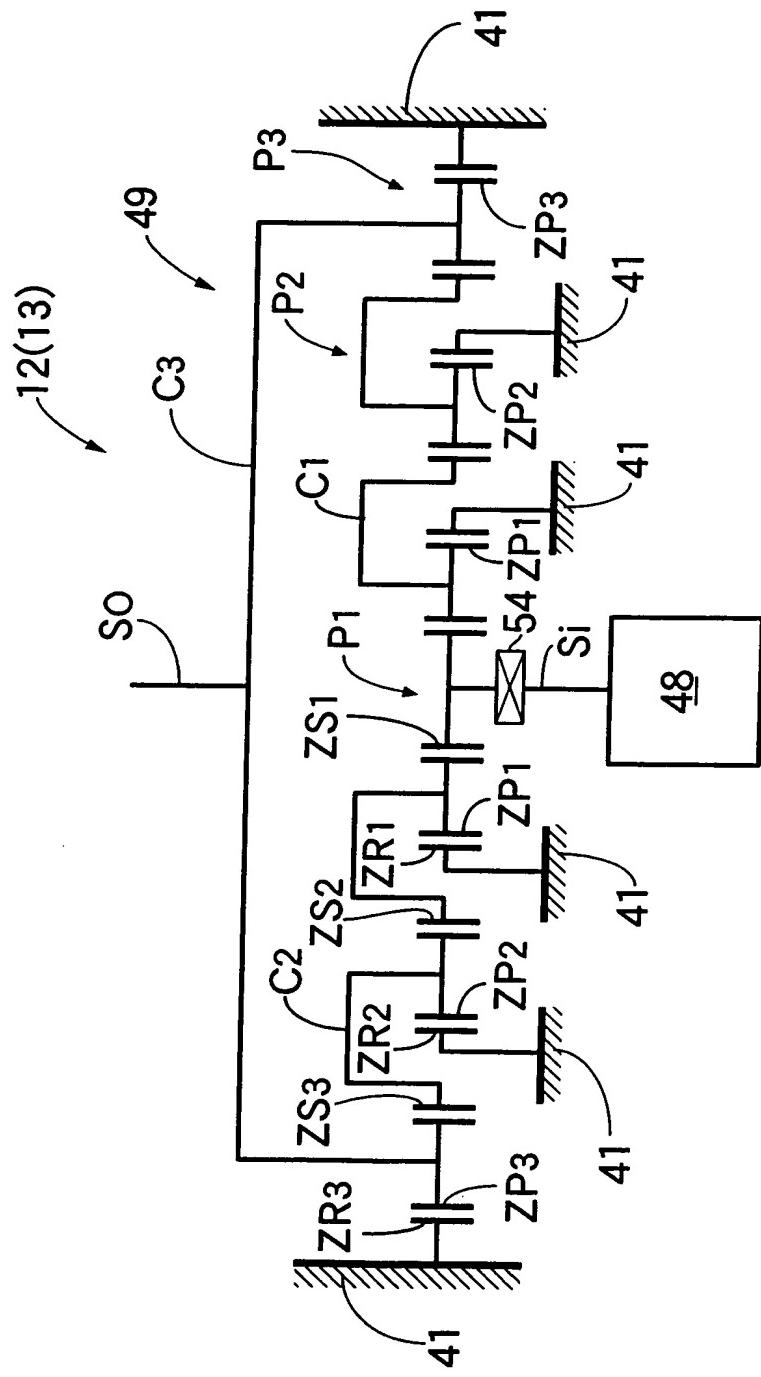
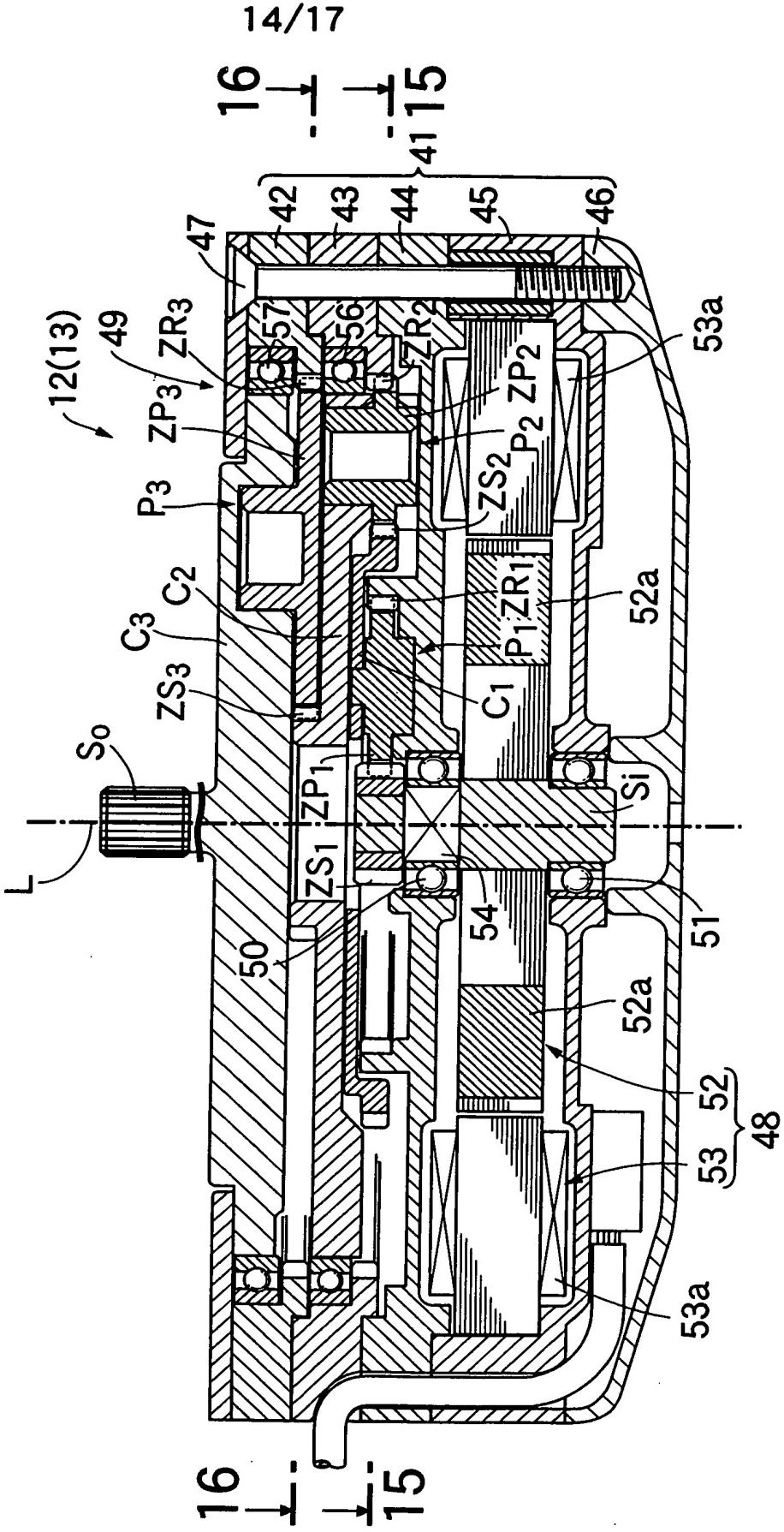
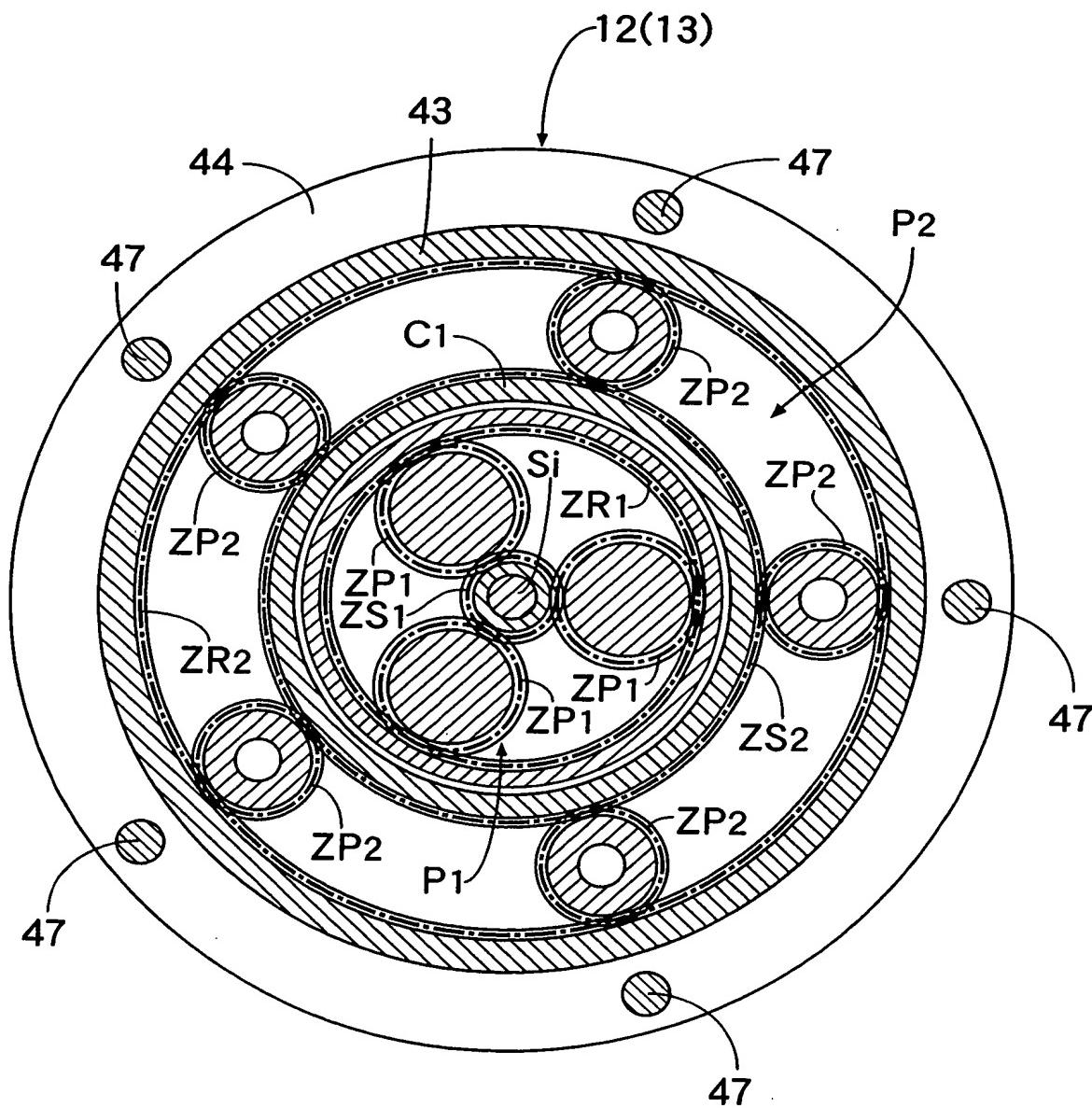


図 14



15/17

図 15



16/17

図 16

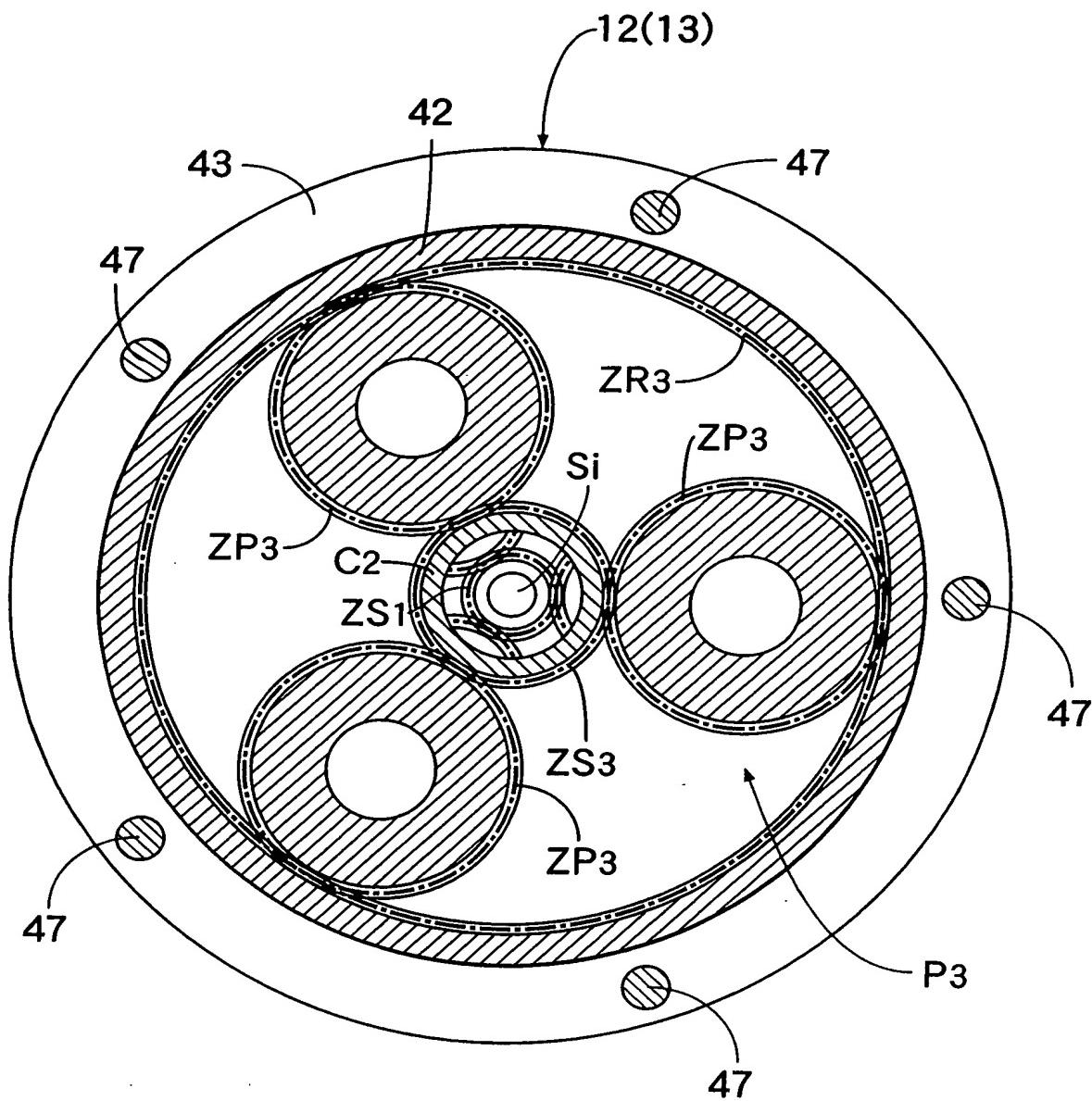


図 17

